UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA

Avaliação de Modelos Espaço-Temporais Aplicados aos Homicídios por Arma Branca e Arma de Fogo em João Pessoa, PB, nos Anos de 2001 a 2009

Sadraque Eneas de Figueiredo Lucena

João Pessoa

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA

Avaliação de Modelos Espaço-Temporais Aplicados aos Homicídios por Arma Branca e Arma de Fogo em João Pessoa, PB, nos Anos de 2001 a 2009

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Estatística da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel.

Sadraque Eneas de Figueiredo Lucena

Orientador:

Ronei Marcos de Moraes

João Pessoa

2010

Monografia sob o título *Avaliação de Modelos Espaço-Temporais Aplicados aos Homicídios por Arma Branca e Arma de Fogo em João Pessoa, PB, nos Anos de 2001 a 2009*, defendida por Sadraque Eneas de Figueiredo Lucena e aprovada em 09 de julho de 2010, em João Pessoa, Paraíba, pela banca examinadora constituída por:

Orientador: Prof. Dr. Ronei Marcos de Moraes - UFPB

Profa. MsC. Gilmara Alves Cavalcanti - UFPB

Prof. MsC. Hemílio Fernandes Campos Coêlho - UFPB

Aos meus pais, Severino e Dorcas,

carinhosamente dedico.

Agradecimentos

Aos meus pais, Severino e Dorcas, por serem toda a minha estrutura.

À minha irmã, Stefanny, por me suportar em todos os momentos.

À Ronei, por me orientar.

À Ana Hermínia, por estar ao meu lado durante o curso.

À Renata, Danielle e Andréa, por todo apoio no LEAPIG.

À todos os professores do Departamento de Estatística por fazerem parte da minha formação.

Aos membros da Banca Examinadora, pela atenção e dedicação no exame desta monografia.

Aos meus amigos, especialmente Edjackson, Jobson "Minduin" Francisco, Leyde, Márcia Elane e Ligia, por todos os momentos.

À Carolina, Pedro, Allyne e Alexssandra por tudo que vivemos.

"Em verdade, o que proporciona o máximo de prazer não é o conhecimento e sim a aprendizagem, não é a posse, mas a aquisição, não é a presença, mas o ato de atingir a meta."

Carl Friedrich Gauss

Resumo

A estatística Scan tem sido comumente usada para identificar conglomerados espaciais de fenômenos adversos a estudos epidemiológicos. Dentre os modelos probabilísticos utilizados, o Poisson e o Permutação Espaço-Tempo são adequados a dados de contagem, cuja hipótese nula assume que a distribuição espacial do fenômeno é aleatória. Em estudos espaço-temporais a aleatoriedade é tratada como sendo o risco de ocorrência semelhante em todas as regiões em qualquer período de tempo. O presente estudo teve por objetivo avaliar o comportamento da estatística Scan para os modelos probabilísticos descritos, realizando algumas alterações na restrição populacional de cada um deles. Esta restrição é utilizada para que os conglomerados identificados não sejam muito grandes, a ponto de englobarem toda região de estudo. Para efeito de análise, foram utilizados dados de homicídios por arma branca e arma de fogo ocorridos no município de João Pessoa, PB, nos anos de 2001 a 2009. A partir destes dados buscou-se identificar possíveis padrões na ocorrência de homicídios no município e analisar o comportamento espaço-temporal do fenômeno, identificando as áreas de maior risco. Após comparar os mapas do ponto de vista epidemiológico, foi verificado que a estatística Scan utilizando o modelo Poisson com restrição de 7% da população apresentou melhores resultados. O modelo indicou presença de conglomerados persistentes ao longo dos anos nas regiões norte e oeste do município.

Palavras-chave: estatística Scan espaço-temporal, homicídios por arma branca, homicídios por arma de fogo.

Sumário

Resumo . . . . . p. iv

Lista de Figuras p. ix

1 Introdução p. 1

2 Objetivos p. 4

3 Materiais e Métodos p. 5

3.1 Materiais . . . . . p. 5

3.2 Metodologia . . . . . p. 7

3.2.1 Conceitos de Geoprocessamento . . . . . p. 7

3.2.2 Estatística Espacial e Testes de Conglomerados . . . . . p. 8

3.2.3 Estatística Scan . . . . . p. 9

3.2.3.1 Estatística Scan Espacial . . . . . p. 9

3.2.3.2 Estatística Scan Espaço-Temporal . . . . . p. 11

3.2.3.3 Modelo Poisson . . . . . p. 13

3.2.3.4 Modelo Permutação Espaço-Tempo . . . . . p. 15

3.2.4 Risco Relativo . . . . . p. 16

3.2.5 Projeção Geométrica . . . . . p. 17

4 Resultados e Discussão p. 18

4.1 Análise Descritiva dos Óbitos . . . . . p. 18

4.2 Mapas de Ocorrências . . . . . p. 21

4.2.1 Homicídios por Arma Branca . . . . . p. 21

4.2.2 Homicídios por Arma de Fogo . . . . . p. 26

4.3 Mapas Cadastrais de Risco Relativo . . . . . p. 30

4.3.1 Risco de Homicídio por Arma Branca . . . . . p. 30

4.3.2 Risco de Homicídio por Arma de Fogo . . . . . p. 34

4.4 Estatística Scan Espaço-Temporal . . . . . p. 38

4.4.1 Modelo Permutação Espaço-Tempo . . . . . p. 39

4.4.1.1 Homicídios por Arma Branca . . . . . p. 39

4.4.1.2 Homicídios por Arma de Fogo . . . . . p. 39

4.4.2 Modelo Poisson . . . . . p. 41

4.4.2.1 Homicídios por Arma Branca . . . . . p. 41

4.4.2.2 Homicídios por Arma de Fogo . . . . . p. 45

4.5 Discussão . . . . . p. 53

5 Considerações Finais p. 56

Referências p. 58

Anexo A – Saídas do SaTScan para homicídios por Arma Branca p. 61

A.1 Saídas do SaTScan para o modelo Permutação Espaço-Tempo com 3% da população (2001 a 2005) . . . . . p. 61

A.2 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 3% da população (2001 a 2005) . . . . . p. 62

A.3 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 3% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 63

A.4 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 5% da população (2001 a 2005) . . . . . p. 64

A.5 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 5% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 65

A.6 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 7% da população (2001 a 2005) . . . . . p. 66

A.7 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 7% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 67

A.8 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 10% da população (2001 a 2005) . . . . . p. 68

A.9 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 10% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 69

Anexo B – Saídas do SaTScan para homicídios por arma de fogo p. 70

B.1 Saída do SaTScan para o modelo Permutação Espaço-Tempo com 3% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 70

B.2 Saída do SaTScan para o modelo Permutação Espaço-Tempo com 5% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 71

B.3 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Permutação Espaço-Tempo com 7% da população (2001 a 2005) . . . . p. 72

B.4 Saída do SaTScan para o modelo Permutação Espaço-Tempo com 7% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 73

B.5 Saída do SaTScan para o modelo Permutação Espaço-Tempo com 10% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 74

B.6 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 3% da população (2001 a 2005) . . . . . p. 75

B.7 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 3% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 76

B.8 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 5% da população (2001 a 2005) . . . . . p. 79

B.9 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 5% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 80

B.10 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 7% da população (2001 a 2005) . . . . . p. 83

B.11 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 7% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 84

B.12 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 10% da população (2001 a 2005) . . . . . p. 87

B.13 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 10% da população (2006 a 2009) . . . . . p. 88

Anexo C – Exemplo de *(*Script) do R para obteção dos mapas apresentados p. 91

Lista de Figuras

1 Exemplo hipotético da varredura espacial da estatística Scan (Fonte: Adaptado de Balieiro (2008)). . . . . p. 10

2 Exemplo hipotético da varredura espaço-temporal da estatística Scan (Fonte: Adaptado de Balieiro (2008)). . . . . p. 12

3 Homicídios anuais por tipo de arma registrados entre os anos de 2001 e 2009 (Fonte: Secretaria de Estado da Segurança e da Defesa Social). . . p. 19

4 Número de homicídios registrados entre os anos de 2001 e 2009 por hora de ocorrência (Fonte: Secretaria de Estado da Segurança e da Defesa Social). . . . . p. 19

5 Número de homicídios registrados nos anos de 2001 a 2009 por sexo da vítima (Fonte: Secretaria de Estado da Segurança e da Defesa Social). . p. 20

6 Mapas de ocorrência de homicídio por arma branca em 2001 e 2002 . . p. 22

7 Mapas de ocorrência de homicídio por arma branca em 2003 e 2004 . . p. 23

8 Mapas de ocorrência de homicídio por arma branca em 2005 e 2006 . . p. 24

9 Mapas de ocorrência de homicídio por arma branca de 2007 a 2009 . . p. 25

10 Mapas de ocorrência de homicídio por arma de fogo em 2001 e 2002 . . p. 26

11 Mapas de ocorrência de homicídio por arma de fogo em 2003 e 2004 . . p. 27

12 Mapas de ocorrência de homicídio por arma de fogo em 2005 e 2006 . . p. 28

13 Mapas de ocorrência de homicídio por arma de fogo de 2007 a 2009 . . p. 29

14 Mapas de risco de homicídio por arma branca para 2001 e 2002 . . . . p. 31

15 Mapas de risco de homicídio por arma branca de 2003 a 2006 . . . . . p. 32

16 Mapas de risco de homicídio por arma branca para 2007 e 2008 . . . . p. 33

17 Mapas de risco de homicídio por arma branca em 2009 . . . . . p. 34

18 Mapas de risco de homicídio por arma de fogo em 2001 e 2002 . . . . . p. 35

19 Mapas de risco de homicídio por arma de fogo de 2003 a 2006 . . . . . p. 36

20 Mapas de risco de homicídio por arma de fogo em 2007 e 2008 . . . . . p. 37

21 Mapas de risco de homicídio por arma de fogo em 2009 . . . . . p. 38

22 Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Permutação Espaço-Tempo com restrição de 3% da população . . . . . p. 40

23 Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 3% da população para os homicídios por arma branca p. 42

24 Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 5% da população para os homicídios por arma branca p. 43

25 Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 7% da população para os homicídios por arma branca p. 44

26 Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 10% da população para os homicídios por arma branca p. 45

27 Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 3% da população para os homicídios por arma de fogo p. 47

28 Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 5% da população para os homicídios por arma de fogo p. 49

29 Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 7% da população para os homicídios por arma de fogo p. 51

30 Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 10% da população para os homicídios por arma de fogo p. 53

1 Introdução

Em estudos epidemiológicos, uma forma de compreender o fenômeno diz respeito à identificação de áreas de risco elevado em áreas específicas da região de estudo. Neste sentido, têm recebido atenção as metodologias estatísticas que fornecem o aporte teórico para identificação de padrões espaciais (ou espaço-temporais) e aglomerados de eventos espacialmente distribuídos (MOURA, 2006). A utilização desses métodos se torna imprescindível para o desenvolvimento de novos instrumentos e o acompanhamento de fenômenos no espaço e no tempo. Assim, é possível fornecer instrumentos tecnológicos capazes de ampliar a prevenção do fenômeno de interesse e minimizar os danos à população exposta ao risco (PELLEGRINI, 2001).

Os métodos que buscam por regiões de alto risco são denominados métodos de detecção de conglomerados. Um conglomerado é definido como uma região cujo risco de ocorrência do fenômeno é elevado em relação as demais áreas (KULLDORFF, 1997). Há na literatura diversos métodos de detecção de conglomerados espaciais e espaço-temporais, ou seja, métodos que buscam regiões de alto risco ao longo do tempo (BESAG; NEWELL, 1991)(TANGO, 2000)(CUZICK; EDWARDS, 1990). Como exemplo, Lucena e Moraes (2009) identificaram regiões de alto risco de ocorrência do dengue em João Pessoa no norte e sudeste do município em 2004 e 2005. Tais métodos são classificados de acordo com a distribuição de probabilidade dos dados, isto é, há métodos que supõem normalidade dos dados (TANGO, 2000), outros se aplicam de acordo com a escala de mensuração (discreta ou contínua) (KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995), outros ainda não fazem qualquer suposição sobre os dados (CUZICK; EDWARDS, 1990). Em ambos os casos, este métodos têm como hipótese nula a suposição de que não há conglomerados na região de estudo ao longo

do tempo, ou seja, o risco de ocorrência do evento é aleatório e proporcional ao tamanho populacional de cada localidade no decorrer do período considerado (MOURA, 2006).

Dentre os métodos de detecção de conglomerados, como o Método de Besag e Newell (BESAG; NEWELL, 1991), o Índice I de Moran (ASSUNÇÃO, 2001) e o Índice C de Geary, a estatística Scan tem recebido destaque (KULLDORFF, 1997). Além de delinear regiões críticas por meio de algoritmos computacionais gráficos, ela atribui significância à estatística de teste via simulação de Monte Carlo (KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995). Esta metodologia pode ser aplicada a dados espaciais, temporais ou espaço-temporais, para vários modelos de probabilidade (KULLDORFF; INFORMATION MANAGEMENT SERVICES, Inc, 2009). Quando se trata de estudos com dados de contagem (por exemplo, número de homicídios por localidade) os modelos de probabilidade comumente usados são Poisson (KULLDORFF, 1997)(KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995) e Permutação Espaço-Tempo (KULLDORFF et al., 2005). Nesta situação, ao aplicar a metodologia sobre um conjunto de dados, convém avaliar o desempenho dos modelos para identificar qual deles apresenta melhores resultados.

Desde 1996 a Organização Mundial de Saúde (OMS) declarou que a violência é um importante problema de saúde pública, cujo aumento é considerado um fenômeno global (GAWRYSZEWSKIA; KAHNB; JORGE, 2005). No Brasil, o número de homicídios cresceu sistematicamente até o ano de 2003, sofrendo em seguida uma queda e pequenas oscilações. No Estado da Paraíba a taxa de homicídios é de 43,7 para cada 100 mil habitentes. O número de homicídios no município de João Pessoa duplicou nos últimos dez anos, tornando-se a quarta capital com maior taxa de homicídios em 2007 (WAISELFISZ, 2010).

O termo “arma” se refere a todo instrumento utilizado por ser humanao para ataque ou defesa. Estas são classificadas em dois tipos: arma de fogo e arma branca. Armas de fogo são aquelas destinadas especificamente a finalidades ofensivas, tais como revólveres, pistolas e rifles. por outro lado, considera-se como arma branca os objetos perfurocortantes constituídos por peças em lâmina ou oblonga. Para efeito de caracterização, vários objetos são reconhecidos como arma branca, como bengalas, “sprays” de gás, cassetetes,

navalhas, facas, facões, soco inglês, dentre outros (GUIMARÃES et al., 2005).

Tendo em vista as implicações socioeconômicas dos homicídios, a identificação de áreas de alto risco possibilita realizar uma vigilância mais efetiva, estabelecendo medidas de intervenção, através da melhor alocação de recursos humanos e capacitação de profissionais (PHEBO, 2005).

Considerando os diferentes modelos de probabilidade que podem ser utilizados com a estatística Scan, a definição do melhor modelo permite avaliar e monitorar adequadamente fenômenos como a violência urbana (LUCENA; MORAES, 2009)(GAWRYSZEWSKI; KAHN; JORGE, 2005). Assim sendo, o objeto de estudo desta monografia foi analisar o comportamento espaço-temporal dos homicídios por arma branca e arma de fogo em João Pessoa, tomando por base os resultados da estatística Scan para os modelos Poisson e Permutação Espaço-Tempo. O período considerado correspondeu aos anos de 2001 a 2009, de modo a permitir avaliar a evolução das componentes espacial e temporal.

2 Objetivos

O presente trabalho tem por objetivo realizar uma análise espaço-temporal da ocorrência dos óbitos por arma branca e arma de fogo ocorridos nos anos de 2001 a 2009 no município de João Pessoa, Paraíba, por meio da estatística Scan Espaço-Temporal. Assim, pretende-se resolver as seguintes questões específicas:

- Pesquisar o método Scan, testando os modelos Poisson e Permutação Espaço-Tempo, que são adequados a dados de contagem (número de homicídios por bairro);
- Determinar o modelo mais adequado do ponto de vista epidemiológico;
- Detectar possíveis padrões existentes na ocorrência dos referidos homicídios.

3 Materiais e Métodos

Neste capítulo são apresentadas as bases de dados utilizadas, bem como os arquivos de mapas e os *software* SaTScan e R. Além disso, são descritos conceitos de geoprocessamento e da estatística Scan espaço-temporal para os modelos Poisson e Permutação Espaço-Tempo.

3.1 Materiais

Os dados referentes às ocorrências anuais de homicídios registrados em João Pessoa, PB, foram obtidos junto à Secretaria de Estado da Segurança e da Defesa Social (SEDS). As informações foram categorizadas em homicídios por arma branca e arma de fogo e agregadas por bairro de ocorrência, sendo considerados os anos de 2001 a 2009.

Os dados de população foram obtidos através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e correspondem ao Censo 2000 e a Contagem Populacional de 2007. Para efeito de estudo, foram consideradas as populações por bairro de moradia dos indivíduos.

Os arquivos referentes aos mapas digitais do município de João Pessoa foram obtidos do setor de geoprocessamento da Prefeitura Municipal de João Pessoa. Tendo em vista a divisão dos bairros ocorrida em 2006, fez-se necessário utilizar dois mapas para compreender todo o período de estudo: o primeiro corresponde aos anos de 2001 a 2005 e o segundo aos anos de 2006 a 2009. Essa divisão dos bairros ocorreu no segundo semestre de 2006, entrando em vigor e sendo distribuída em arquivo digital a partir de 2007.

O método Scan utilizando os modelos Poisson e Permutação Espaço-Tempo foi aplicado no *software* SaTScan^{TM} versão 8.2.1 (KULLDORFF; INFORMATION MANAGEMENT SERVICES, Inc, 2009). SaTScan^{TM} é um *software* livre e permite a análise de dados espaciais, temporais e espaço-temporais por meio da estatística Scan. O *software* foi desenvolvido por Kulldorff e Information Management Services, Inc (2009) com os seguintes objetivos:

- Detectar conglomerados espaciais, temporais e espaço-temporais de fenômenos e verificar se são estatisticamente significantes;
- Testar se um fenômeno é aleatoriamente distribuído no espaço, no tempo ou em ambos simultaneamente;
- Avaliar a significância estatística de supostos conglomerados;
- Realizar vigilâncias periódicas de fenômenos para detecção antecipada de alta incidência.

Embora o *software* SaTScan^{TM} realize a identificação de conglomerados espaciais e espaço-temporais, sua saída não é apresentada na forma de mapas. Sendo assim, o *software* R na sua versão 2.7.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008) foi utilizado para representar graficamente as Saídas do SaTScan^{TM}, facilitando a visualização e interpretação dos resultados. R é um ambiente integrado de facilidades para a manipulação de dados, cálculos e exposição gráfica, possuindo ainda uma linguagem de programação bem desenvolvida, com condições e funções de entrada e facilidades de saída. R possui diversos módulos em sua biblioteca, sendo usado neste trabalho o pacote *DCluster*, que possui um conjunto de funções para desenho dos mapas, utilizando bancos de dados em formato *shapefile*. Este *software* é livre, com código fonte aberto e encontra-se disponível no sítio `<http://www.r-project.org/>`.

3.2 Metodologia

3.2.1 Conceitos de Geoprocessamento

Compreender o comportamento de fenômenos que ocorrem no espaço, ou no tempo, se tornam um desafio para elucidar questões presentes em diversas áreas do conhecimento, tais como saúde, ambiente, geologia, agronomia, dentre outras. Diante deste fato, têm sido desenvolvidos métodos de análise espacial que permitem a visualização de padrões, por meio da indexação espacial do fenômeno em estudo (DRUCK et al., 2004).

O uso de mapas informatizados contribui para a tomada de decisões mais efetivas, pois permite uma noção clara das regiões que necessitam de intervenção. Entretanto, a utilização adequada de modelos que envolvem dados indexados espacialmente requer a compreensão de determidados conceitos. Uma definição importante diz respeito ao **espaço geográfico**, que é uma coleção de localizações na superfície da Terra, onde ocorrem fenômenos geográficos e é definido em função de suas coordenadas, sua altitude e sua posição relativa (SOUZA; MORAES, 2003). Assim, o espaço geográfico corresponde a região em estudo. No caso desta monografia, tem-se como espaço geográfico o município de João Pessoa.

Há diferentes abordagens para estudos de fenômenos que ocorrem no espaço geográfico, de acordo com a tipologia dos dados espaciais (dados de processos potuais, de superfícies aleatórias, de área e de interação espacial) (ASSUNÇÃO, 2001). Nesta monografia foram utilizados **dados de área**, que correspondem a dados espaciais cuja localização está associada a áreas delimitadas por polígonos, como bairros ou setores censitários (CARVALHO, 1997)(DRUCK et al., 2004). Esses tipos de dados ocorrem em eventos agregados por municípios, bairros ou setores censitários, de modo que por falta de informação ou por necessidade de sigilo, não se dispõe da localização exata dos eventos, mas de um valor por área (DRUCK et al., 2004).

A utilização de ferramentas de geoprocessamento visa compreender fenômenos que ocorrem no espaço. No caso de dados de área, busca-se realizar inferências sobre o padrão

espacial (ou espaço-temporal) por meio de técnicas estatísticas (DRUCK et al., 2004).

3.2.2 Estatística Espacial e Testes de Conglomerados

A estatística espacial é um ramo da estatística que compreende métodos para coleta, descrição, visualização e análise de dados que possam ser modelados como processos estocásticos. As informações devem ser indexadas por coordenadas geográficas e usualmente o comportamento espacial do fenômeno é apresentado por meio de mapas. Se as informações forem associadas à estatística descritiva ou inferencial é possível explicitar informações de padrões não perceptíveis por meio de uma inspeção qualitativa (ASSUNÇÃO, 2001). Os objetivos de realizar inferências sobre o padrão espacial (ou espaço-temporal) são: testar se o padrão é aleatório; obter informações mais suavizadas no mapa; identificar sub-regiões de valores mais elevados que o esperado sob algum modelo (DRUCK et al., 2004). Quando o padrão identificado não é aleatório e há regiões com maior risco de ocorrência, estas áreas são denominadas de conglomerados.

Segundo Knox (1989), "um conglomerado é definido como um grupo de ocorrências geograficamente limitado de tamanho e concentração tais que seja improvável de ocorrer por mero acaso". Assim, os métodos são baseados em testes de hipóteses que se dividem em duas categorias gerais (ASSUNÇÃO, 2001)(BEATO FILHO et al., 2001):

- *Testes focados de conglomerados* – buscam evidências de que o risco de ocorrência do fenômeno em uma região suspeita é significativamente maior que em outras áreas. Vale salientar que nestes testes a localização testada é conhecida antes de se observar os dados.

- *Testes genéricos de conglomerados* – buscam evidências de que uma ou mais regiões, não identificadas previamente, possuem um risco significativamente maior que o valor médio observado no total.

Em ambos os testes a hipótese nula é de ausência de conglomerados, ou seja, o padrão espacial é totalmente aleatório. Isto implica que o número de observações em cada loca-

lidade é proporcional à respectiva população em risco.

3.2.3 Estatística Scan

A estatística Scan pertence a classe de testes genéricos de conglomerados e foi desenvolvida por Kulldorff e Nagarwalla (1995). Em sua metodologia, a informação da área é associada a um único ponto dentro do polígono, o centroide, que é o centro de massa de cada área da região de estudo. Em seguida, procuram-se unidades cuja ocorrência do evento é significantemente mais provável dentro de uma área do que fora dela. Neste trabalho é abordada a metodologia espaço-temporal, entretanto, para melhor compreensão da mesma, faz-se necessário introduzir a abordagem puramente espacial.

3.2.3.1 Estatística Scan Espacial

A estatística Scan espacial tem por objetivo detectar conglomerados a partir de uma varredura realizada em toda região de estudo (KULLDORFF, 1997). Para uma área particionada em k sub-regiões menores (bairros, setores censitários, municípios) é associado um centroide ξ_i ($i = 1, 2, \ldots, k$). O método Scan é iniciado calculando a distância de cada ξ_i em relação a todos os outros. Em seguida é posicionado sobre cada centroide um círculo cujo raio é aumentado continuamente, de modo a envolver um novo centroide. Para cada ponto inserido no círculo z, é observado o número de ocorrências do fenômeno em estudo (o_i) e o respectivo valor esperado (e_i), dado na Equação (3.8). O objetivo, então, é encontrar regiões z onde o número de casos é significativamente maior que o esperado (NEIL; MOORE; SABHNANI, 2005). A Figura 1 apresenta de forma visual o funcionamento do modelo espacial. Nela se pode observar que para cada centroide ξ_i o raio r é aumentado até conter o próximo centroide, obtendo-se assim a região z.

$$e_i = n_i \frac{C}{M} \tag{3.1}$$

onde n_i é o tamanho populacional da área i (número de habitantes do bairros i), C e M são respectivamente o número total de observações (total de homicídios) e a população total do espaço geográfico (município de João Pessoa).

Ao identificar um conglomerado, pode haver o interesse em saber qual o raio de busca do círculo correspondente, ou seja, o raio para o qual o círculo foi caracterizado como um conglomerado. Como o círculo se inicia sobre um centroide, seu raio vai de 0 km (ou seja, um ponto) até a maior distância entre os centroides.

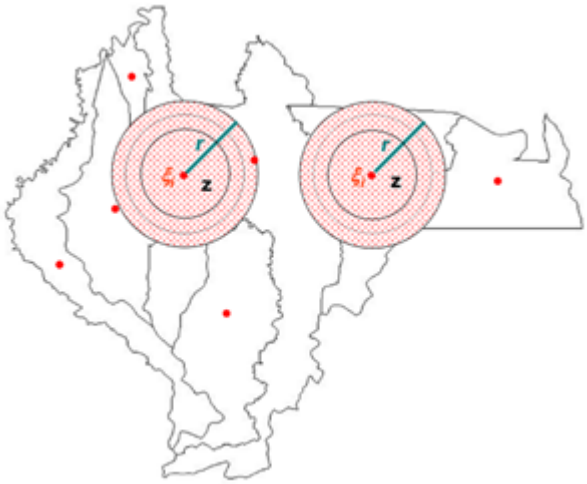


Figura 1: Exemplo hipotético da varredura espacial da estatística Scan (Fonte: Adaptado de Balieiro (2008)).

As hipóteses testadas na estatística Scan dizem respeito a exixtência de conglomerados espaciais. Formalmente temos:

H_0 : Não há conglomerados na região de estudo
$H_1(z)$: A região z é um conglomerado

Estas hipótese são testadas com base na razão de verossimilhança $F(z)$ para um dado círculo z. Esta é definida como a razão entre a verossimilhança dos dados sob a hipótese alternativa e a verossimilhança sob a hipótese nula (NEIL; MOORE; SABHNANI, 2005):

$$F(z) = \frac{P(Dados|H_1(z))}{P(Dados|H_0)} \tag{3.2}$$

Se a hipótese nula ou alternativa tem parâmetros livres, a razão de verossimilhança é dada por:

$$F(z) = \frac{max_{\theta_1(z)\in\Theta_1(z)} P(Dados|H_1(z), \theta(z))}{max_{\theta_0\in\Theta_0} P(Dados|H_0, \theta_0)} \tag{3.3}$$

onde $\theta_1(z)$ é a estimativa do parâmetro para o círculo z pertencente ao conjunto de todas as estimativas dos parâmetros $\Theta_1(z)$; θ_0 é a estimativa do parâmetro sob a hipótese nula e Θ_0 é o conjunto de todos as estimativas do parâmetro sob a hipótese nula.

Uma vez encontradas as regiões com os maiores escores de $F(z)$, deve-se determinar quais regiões são estatisticamente significantes. A significância estatística é dada através de simulações de Monte Carlo, em geral usando $\alpha = 0,05$ (MOURA, 2006).

A estatística Scan também permite utilizar outras formas geométricas além da circunferência, como uma elipse (KULLDORFF et al., 2006), um retângulo (NEIL; MOORE; SABHNANI, 2005) ou outro formato arbitrário (ASSUNÇÃO, 2004)(PATIL; TALLIE, 2004)(TANGO; TAKAHASHI, 2005). Além disso, pode-se criar uma restrição para o tamanho da figura geométrica, de modo a evitar conglomerados muito grandes, pois a mesma é aumentada até conter toda região de estudo. No método Scan a restrição é dada em relação ao percentual da população sob risco, ou seja, determina-se que o raio de busca seja aumentado até que a figura geométrica contenha no máximo $\beta\%$ da população. Não há uma na literatura uma formulação específica para determinar o percentual de população (β) aadequado a cada tipo estudo, sendo realizada de forma empírica (LUCENA; MORAES, 2009).

Uma forma de comparar mapas pode ser a partir do ponto de vista epidemiológico, que visa analisar a tendência dos mapas sob o ponto de vista temporal e espacial. Deste modo, a partir de uma inspeção visual dos mapas que representam o fenômeno em estudo, os resultados são comparados com o que se espera de acordo com a evolução temporal do fenômeno. Sob esta ótica, os conglomerados identificados pelos métodos não devem ser muito distintos das regiões em que foram observados o fenômeno em estudo (ROTHMAN; AND, 1998).

3.2.3.2 Estatística Scan Espaço-Temporal

Além da análise espacial, a estatística Scan permite incorporar o fator temporal no estudo. Neste caso é de interesse identificar conglomerados de eventos que venham a ocor-

rer no espaço e no tempo simultaneamente (COULSTON; RITTERS, 2003). O procedimento é análogo ao método espacial, sendo que neste caso, ao invés de círculos, são utilizados cilindros, cuja base representa o espaço geográfico e a altura representa o tempo (dia, mês, ano, etc.). Embora o procedimento permita a base e a altura variarem continuamente de acordo com a varredura no espaço e no tempo, não há alterações em relação à razão de verossimilhança e a significância do teste (KULLDORFF et al., 1998). A Figura 2 apresenta de forma visual o funcionamento do modelo espaço-temporal. Como se pode observar, a base do cilindro é aumentada da mesma forma que o círculo na abordagem espacial; por outro lado a altura do cilindro é aumentada a medida que um novo período de tempo é inserido. Assim, o cilindro significativo escolhido é aquele que seja mais verossímil, ou seja, que tenha menor probabilidade de ocorrência por mero acaso.

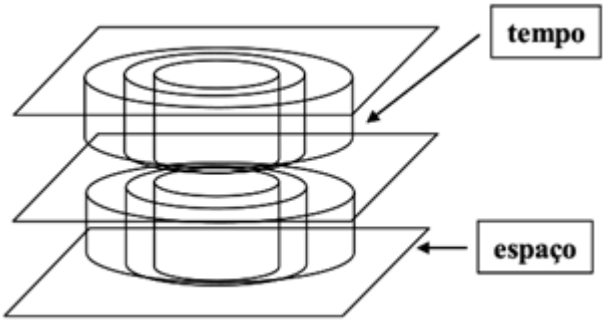


Figura 2: Exemplo hipotético da varredura espaço-temporal da estatística Scan (Fonte: Adaptado de Balieiro (2008)).

Ao ser realizada uma análise espaço-temporal, podem ser realizadas duas formas de execução:

- *Análise retrospectiva* – tem por objetivo detectar tanto conglomerados que permanecem até a data final do estudo (conglomerados ativos), quanto os conglomerados que deixaram de existir antes do fim do período (KULLDORFF et al., 1998);

- *Análise prospectiva* – detecta apenas os conglomerados ativos, ou seja, apenas aqueles que ocorreram até o fim do período considerado. Nesta abordagem a varredura é repetida a cada intervalo de tempo. O processo é iniciado com uma varredura

do primeiro intervalo de tempo, em seguida o segundo intervalo de tempo é varrido considerando a informação do primeiro, e assim por diante até o último intervalo de tempo disponível (KULLDORFF, 2001).

A estatística Scan posibilita a utilização de diversos modelos de probabilidade de acordo com a variável de interesse. O modelo Bernoulli deve ser usado em estudos do tipo caso-controle (KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995). Para dados de contagem devem ser utilizados os modelos Poisson discreto (KULLDORFF, 1997) e Permutação Espaço-Tempo (KULLDORFF et al., 2005), sendo que este último só é aplicado em estudos espaço-temporais. Os modelos Ordinal (JUNG; KULLDORFF; KLASSEN, 2007) e Multinomial (JUNG; KULLDORFF; RICHARD, 2008) são designados à dados categóricos ordinais e não ordinais, respectivamente. Para dados contínuos há os modelos Normal (KULLDORFF; HUANG; KONTY, 2009)(HUANG et al., 2009) e Exponencial (HUANG; KULLDORFF; GREGORIO, 2005), sendo o último usado principalmente para dados de sobrevivência.

Tendo em vista que o estudo se utilizou de dados de contagem de homicídios, neste trabalho foi utilizada a abordagem retrospectiva para os modelos Poisson e Permutação Espaço-Tempo. A seguir são apresentados os conceitos envolvidos em cada um deles.

3.2.3.3 Modelo Poisson

Sejam z um candidato a conglomerado, $p(z)$ a probabilidade do fenômeno em estudo ocorrer dentro do círculo e $q(z)$ a probabiliade de o fenômeno ocorrer fora do mesmo. No modelo Poisson são computados os raios cujos valores de $p(z)$ e $q(z)$ maximizam a função de verossimilhança condicionada ao total de casos observados (LUCENA; MORAES, 2009). Para o candidato z é calculada a estatística (GÓMEZ-RUBIO; FERRÁNDIZ-FERRAGUD; LÓPEZ, 2005):

$$\lambda = max_{z \in Z} \frac{L[z, \hat{p}(z), \hat{q}(z)]}{L_0} \tag{3.4}$$

onde Z=$\{$ z_1,z_2,...,z_k $\}$ é o conjunto de todos os possíveis candidatos a conglomerados, $\hat{p}(z)$ e $\hat{q}(z)$ são as estimativas de $p(z)$ e $q(z)$. L_0 é definido como:

$$L_0 = \frac{C^C(M-C)^{M-C}}{M^M} \tag{3.5}$$

onde C é o total de casos observados em toda região de estudo e M é a população sob toda região de estudo. $L(z, \hat{p}(z), \hat{q}(z))$ é definido como:

$$L(z, \hat{p}(z), \hat{q}(z)) = \frac{exp[-p(z).n_z - q(z)(M-n_z)]}{C!} p(z)^{C_z} q(z) C - c_z \prod_i c_i \tag{3.6}$$

onde exp representa a função exponencial; c_z e c_i $(i, z = 1, 2, \ldots, k)$ são respectivamente o número de casos no círculo z e no círculo i e n_z é o número de indivíduos em risco no círculo z, ou seja, sob risco de serem vítimas de homicídio no círculo z.

Com base na formulação apresentada, o círculo é iniciado em um único centroide e, a cada novo centroide envolvido, é calculado o valor de λ dado pela equação (3.4). Dentre os valores de λ obtidos cada vez que o raio do círculo é aumentado, registra-se aquele que possui o maior valor. Em seguida são realizadas simulações de Monte Carlo para avaliar a significância do teste. Este procedimento é repetido para cada centroide. (MOURA, 2006).

A simulação de Monte Carlo é utilizada para avaliar a significância estatística dos possíveis conglomerados. O algoritmo computacional consiste dos seguintes passos (MOURA, 2006):

1. Geram-se B conjuntos de dados independentes, de modo que cada réplica possua o mesmo número de casos C que o conjunto de dados original e são distribuídos ao acaso os valores entre as k sub-regiões de acordo com a hipótese nula;

2. Calcula-se a estatística do teste da razão de verossimilhança λ_j $(j = 1, 2, \ldots, B)$ para cada conjunto e ordenam-se seus valores;

3. Se o valor de λ obtido dos dados originais estiver entre os $100\alpha\%$ maiores valores de λ_j simulados, rejeita-se a hipótese nula ao nível de significância α.

O p-valor associado ao teste é $1 - R/(B+1)$, onde R é a posição de λ obtido dos

dados originais em relação aos valores de λ simulados. Se a hipótese nula é rejeitada, então a região z é o conglomerado mais provável, isto é, com maior probabilidade de não ocorrer por mero acaso.

3.2.3.4 Modelo Permutação Espaço-Tempo

O modelo Permutação Espaço-Tempo possui a mesma ideia básica do modelo Poisson, entretanto três características o diferenciam: (1) este modelo só trabalha com interação espaço-tempo, ou seja, procura apenas conglomerados que ocorrem no espaço e no tempo simultaneamente; (2) tem a flexibilidade de trabalhar apenas com os casos, ou seja, não é necessário informação da população; (3) seu modelo probabilístico resulta que os casos seguem a distribuição Hipergeométrica, sob a hipótese nula (BALIEIRO, 2008).

Seja c_{zt} o número de casos observado na área z durante um tempo t. Assim, o número total de casos é dado por:

$$C = \sum_{z} \sum_{t} c_{zt} \tag{3.7}$$

O número esperado de casos para cada localização e tempo condicionado sobre as marginais observadas é definido como

$$\mu_{zt} = \frac{1}{C} \left(\sum_{z} c_{zt} \right) \left(\sum_{t} c_{zt} \right) \tag{3.8}$$

Para um cilindro A o número de casos μ_A é dado pela somatória dos valores da equação (3.8), cuja localização e tempo estão dentro desse cilindro equação (3.9). O cálculo desse valor esperado é baseado na suposição de que a probabilidade condicional de haver um caso na área z em um tempo t_j é a mesma em todo tempo t.

$$\mu_A = \sum_{(z,t) \in A} \mu_{zt} \tag{3.9}$$

Seja c_A o número de casos observados no cilindro A. Quando não há interação espaço-tempo, c_A tem distribuição Hipergeométrica com média μ_A, condicionado sobre as

marginais, e função de probabilidade dada por (KULLDORFF et al., 2005)

$$P(c_A) = \frac{\left(\sum_{t\in\Omega}\sum_{z\in A} c_{zt}c_A\right)\left(C - \sum_{t\in\Omega}\sum_{z\in A} c_{zt}\sum_{z\in\Omega}\sum_{t\in A} c_{zt} - c_A\right)}{\left(C\sum_{z\in\Omega}\sum_{t\in A} c_{zt}\right)} \tag{3.10}$$

onde $\Omega = A \cup A^c$. Quando $\sum_{t\in\Omega}\sum_{z\in A} c_{zt}$ e $\sum_{z\in\Omega}\sum_{t\in A} c_{zt}$ são pequenos se comparados a C, então a distribuição de c_A é aproximadamente Poisson com média μ_A. Assim, é utilizada a Razão de Verossimilhança Generalizada de Poisson (RVG) para identificar que o cilindro A é um conglomerado. O conglomerado espaço-temporal mais provável é aquele que, dentre todos os cilindros avaliados, maximiza a RVG, que é dada por (BALIEIRO, 2008)

$$RVG = \left(\frac{c_A}{\mu_A}\right)^{c_A}\left(\frac{C - c_A}{C - \mu_a}\right)^{(C-c_A)} \tag{3.11}$$

A significância dos candidatos a conglomerado é obtida a partir de várias simulações dos casos no espaço e no tempo aleatoriamente, misturando os períodos de tempo e associando-os ao conjunto inicial com a localização dos casos. Garantindo assim que as marginais espacial e temporal se mantenham sem alteração. Em seguida calcula-se a RVG como na equação (3.11) e utiliza-se de Monte Carlo para avaliar a significância estatística de modo análogo ao apresentado anteriormente (BALIEIRO, 2008).

3.2.4 Risco Relativo

Tendo em vista que os modelos descritos buscam por regiões cujo risco de ocorrência do fenômeno em estudo é elevado em relação às demais, mapas de risco relativo foram utilizados para comparar os resultados dos modelos. O risco relativo permite comparar informações de diferentes áreas, padronizando-as e retirando assim o efeito das diferentes populações. Em suma, este indicador representa a intensidade da ocorrência de um fenômeno com relação a todas as regiões de estudo (MEDRONHO, 2004).

Seja uma região geográfica formada por áreas contíguas e disjuntas denotadas por A_1,A_2,...,A_k. Seja X uma variável aleatória que representa o número de ocorrências de um fenômeno, de modo que cada ocorrência x_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ esteja associada a área A_i, com população n_i $(i = 1, 2, \ldots, k)$. O risco relativo de uma área A_i, denotado por

θ_i, é o quociente entre a incidência do fenômeno observado na região A_i, e a incidência correspondente a toda região de estudo (Equação 3.12).

$$\theta_i = \frac{x_i/n_i}{\sum x_i / \sum n_i} \tag{3.12}$$

Nesta monografia o risco relativo foi calculado para cada ano do período de estudo (2001 a 2009). Como o risco relativo considera em sua formulação a população de cada área A_i e as informações disponíveis correspondiam às contagens populacionais de 2000 e 2007 fornecidas pelo IBGE, fez-se necessária a projeção da população para cada ano do período. Para tanto foi utilizado o método geométrico, apresentado a seguir.

3.2.5 Projeção Geométrica

A projeção geométrica tem por objetivo estimar a população de uma determinada região em uma data específica em que não se tem informação do número de habitantes. O método de projeção geométrico consiste em calcular a taxa de crescimento populacional (γ) como na equação (3.13):

$$\gamma = \left(\frac{Pop(t + \Delta t)}{Pop(t)} \right)^{1/\Delta t} - 1 \tag{3.13}$$

onde $Pop(t)$ é a população no tempo t; $Pop(t + \Delta t)$ é a população no tempo $t + \Delta t$; t é a data base e Δt é o intervalo entre a data base e a data a ser estimada.

A partir da taxa de crescimento obtida, a população é projetada para um instante $t + \psi$ segundo a equação

$$Pop(t + \psi) = Pop(t)(1 + \gamma)^t \tag{3.14}$$

onde $Pop(t + \psi)$ corresponde a população projetada para o tempo $t + \psi$. Como não estavam disponíveis dados específicos para modelar o crescimento individual dos bairros, foi considerado que a população de cada um deles se manteve proporcionalmente constante. Assim, a partir da projeção tomada para todo o município, pôde-se obter a população de cada bairro.

4 Resultados e Discussão

A seguir é apresentada uma análise descritiva das variáveis sociodemográficas dos indivíduos que vieram a óbito segundo arma branca e arma de fogo. Em seguida é apresentada uma análise dos mapas de homicídio por número de ocorrências e depois segundo o risco relativo. São apresentados ainda os resultados do método Scan Espaço-Temporal para o modelo Poisson e para o Modelo Permutação Espaço-Tempo. Por fim, é realizada uma comparação entre os métodos a partir do ponto de vista epidemiológico, ou seja, os resultados são comparados com o que se espera de acordo com a evolução dos mapas de risco.

4.1 Análise Descritiva dos Óbitos

Ao longo dos anos de 2001 a 2009, a Secretaria de Estado da Segurança e da Defesa Social (SEDS) registrou 1447 homicídios no município de João Pessoa, sendo 161 por arma branca, 1274 por arma de fogo e 12 encontros de cadáver. A Figura 3 apresenta a série de homicídios por arma branca e arma de fogo ao longo dos anos estudados. Como se pode ver, os homicídios por arma de fogo foram crescendo ao longo dos anos, chegando ao máximo em 2008 (255 homicídios). Em relação aos homicídios por arma branca, foi verificado que até o ano de 2005 a frequência anual esteve em torno de 8,2 homicídios; nos anos de 2006 e 2007 foi observado um aumento nas ocorrências de homicídios, voltando a decrescer a partir de 2008.

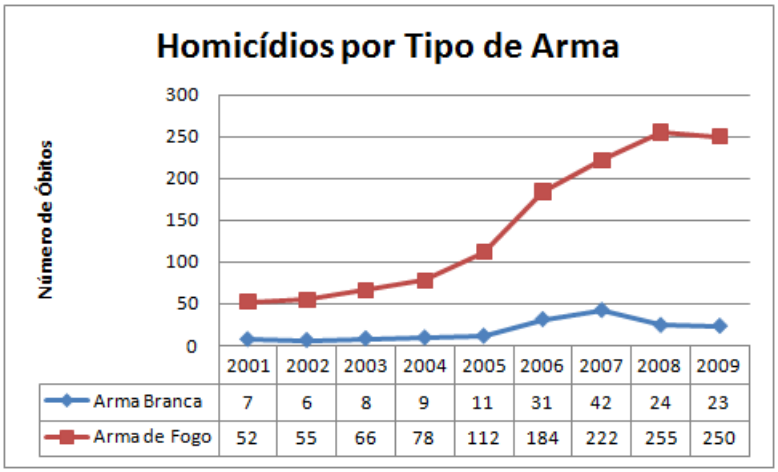


Figura 3: Homicídios anuais por tipo de arma registrados entre os anos de 2001 e 2009 (Fonte: Secretaria de Estado da Segurança e da Defesa Social).

No que diz respeito ao horário dos homicídios, pode-se observar na Figura 4 que um percentual considerável de homicídios por arma de fogo ocorreu entre 18h e 23h, com máximo entre 19h e 20h. Os horários em que menos ocorreram homicídios por arma de fogo foram no período da manhã entre 7h e 9h. Por outro lado, para os homicídios por arma branca não há aparentemente um horário com frequência muito maior que os demais.

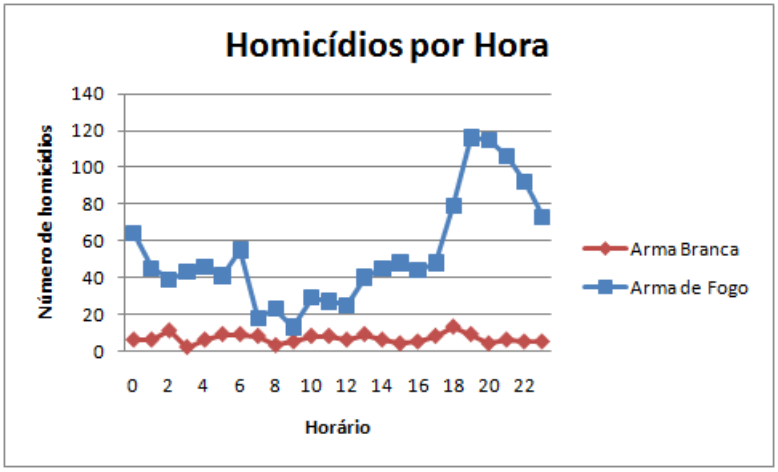


Figura 4: Número de homicídios registrados entre os anos de 2001 e 2009 por hora de ocorrência (Fonte: Secretaria de Estado da Segurança e da Defesa Social).

No que diz respeito ao local de ocorrência dos homicídios, a maioria ocorreu em via

pública, tanto para arma branca quanto arma de fogo. Em seguida vieram os homicídios ocorridos na residência da vítima ou de terceiros. A maioria dos homicídios registrados em penitenciárias foi por arma branca, enquanto que em estabelecimentos comerciais foi por arma de fogo. Na Tabela 1 são apresentados os homicídios por local de ocorrência e tipo de arma utilizada.

Tabela 1: Homicídios por local de ocorrência registrados nos anos de 2001 a 2009.

Local	Arma Branca	Arma de Fogo	Total
Via Pública	122	1135	1257
Residência	17	88	105
Estabelecimento Comercial	4	40	44
Penitenciária	17	4	21
Outro	1	7	8
Total	161	1274	1435

FONTE: Secretaria de Estado da Segurança e da Defesa Social

Quanto ao sexo da vítima, em ambos os tipos de arma predominaram os óbitos do sexo masculino. Para arma branca, o percentual de homens foi 90,06%, enquanto para arma de fogo foi 94,27%. Ainda sobre homicídios por arma de fogo, 0,24% das vítimas não tiveram o sexo identificado. A Figura 5 apresenta os percentuais de homicídios por arma branca e arma de fogo segundo o sexo da vítima.

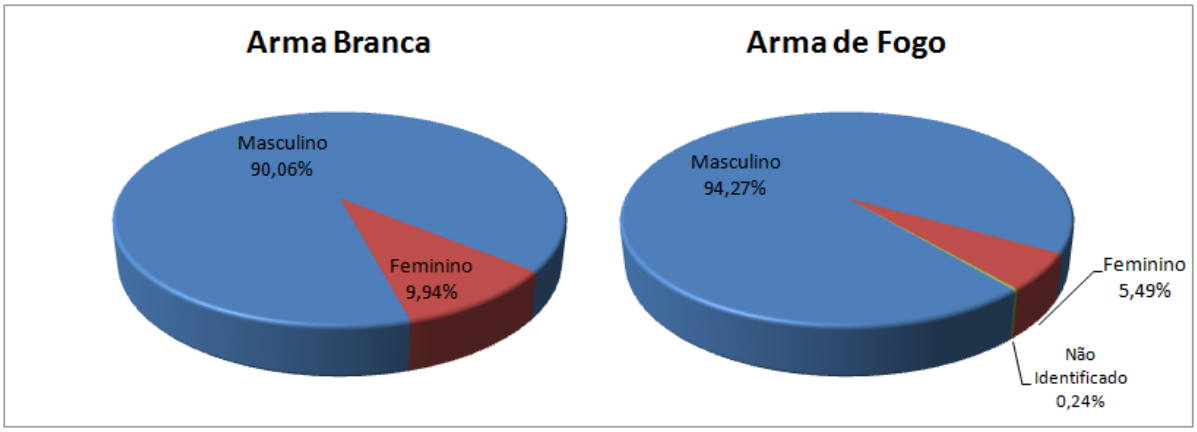


Figura 5: Número de homicídios registrados nos anos de 2001 a 2009 por sexo da vítima (Fonte: Secretaria de Estado da Segurança e da Defesa Social).

A idade média das vítimas de arma branca foi de 26,83 anos e das vítimas de arma de fogo, 24,75. A Tabela 2 apresenta a distribuição etária das vítimas por tipo de arma.

Como se pode ver, a faixa etária com maior número de homicídios foi entre 20 e 30 anos. Em seguida, para a arma branca, vêm as vítimas com idade entre 30 e 40 anos e logo depois, entre 10 e 20 anos. Quanto às armas de fogo, a segunda faixa etária com maior número de vítimas foi entre 10 e 20 anos e a terceira, entre 30 e 40 anos.

Tabela 2: Homicídios por local de ocorrência registrados nos anos de 2001 e 2009.

Faixa Etária	Arma Branca	Arma de Fogo	Total
0 |— 10	0	1	1
10|— 20	11	239	250
20|— 30	61	4498	559
30|— 40	37	225	262
40|— 50	19	97	116
50|— 60	5	46	51
60|— 70	2	10	12
70|— 80	1	1	2
Não identificado	25	157	182
Total	161	1274	1435

FONTE: Secretaria de Estado da Segurança e da Defesa Social

4.2 Mapas de Ocorrências

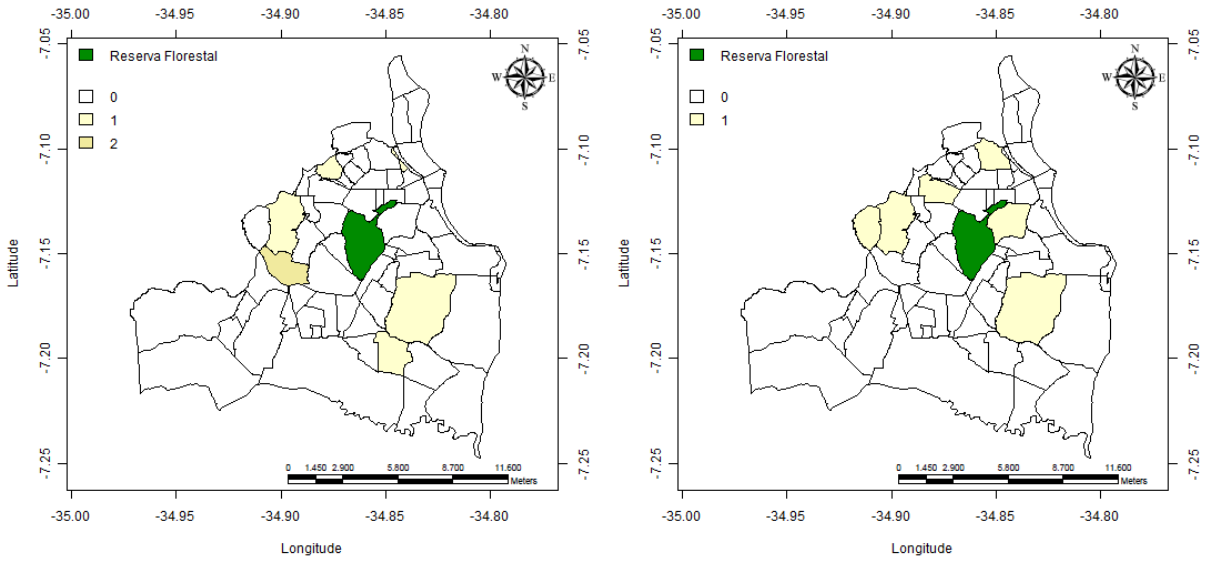
Os mapas a seguir representam o número de ocorrências de homicídios por arma branca e arma de fogo. Os mapas de 2001 a 2005 possuem um mapa diferenciado dos mapas de 2006 a 2009 devido à nova reorganização dos bairros. No mapa atual foram agrupados dois bairros na região oeste e outros dois na região norte do município. Outros bairros tiveram seu território aumentado em detrimento de outros e, além disso, a parte nordeste da Reserva Florestal foi removida e dividida entre os bairros próximos.

4.2.1 Homicídios por Arma Branca

No ano de 2001 foram registrados homicídios nas regiões norte, oeste e sudeste do município. Como se pode ver na Figura 6(a), dentre os bairros em que houve registro, a maioria apresentou apenas um homicídio por arma branca, havendo ocorrência de dois homicídios apenas em Oitizeiro.

Em 2002 houve persistência de homicídios em dois bairros: um da região oeste (Ilha do Bispo) e outro da região sudeste (Mangabeira); também foram registrados homicídios

novamente na região norte. Neste ano, todos os bairros registraram no máximo um homicídio por arma branca. Na Figura 6(b) são apresentados os registros por bairro que ocorreram em 2002.

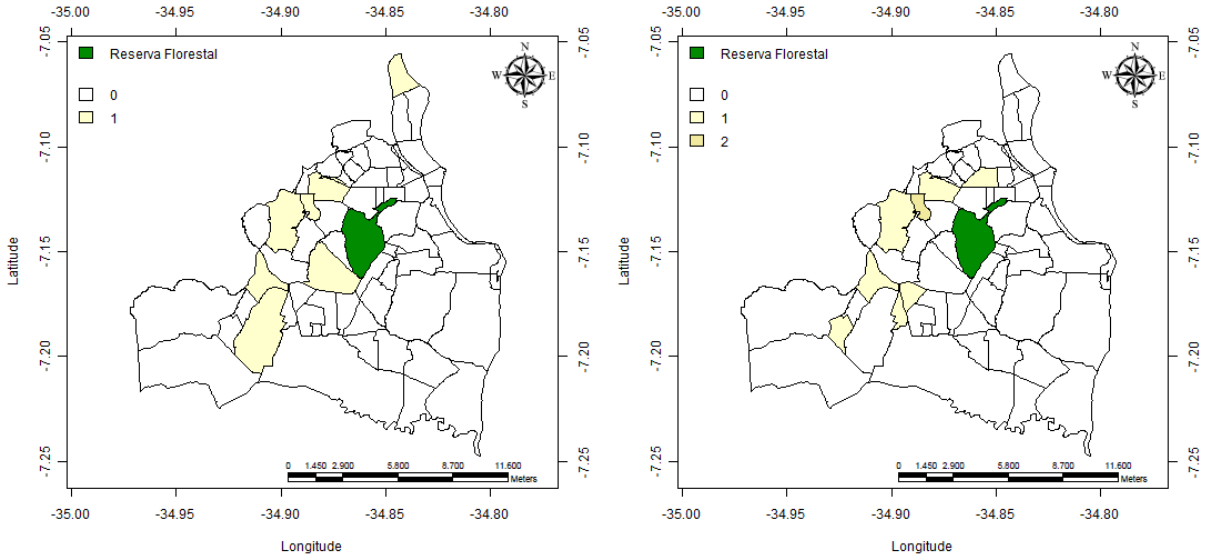


(a) 2001 (b) 2002

Figura 6: Mapas de ocorrência de homicídio por arma branca em 2001 e 2002

No ano de 2003 foi observado um deslocamento dos homicídios por arma branca para a região oeste do município. De acordo com a Figura 7(a), houve também registros na região norte e o número de ocorrências por bairro não foi maior que um. Foi observada ainda a persistência de homicídios por arma branca nos bairros Ilha do Bispo (região oeste) e Centro (região norte).

Novamente em 2004 os homicídios por arma branca ocorreram nas regiões norte e oeste do município. Assim como no ano anterior, a maior parte dos bairros que registraram homicídios esteve localizada na região oeste e, dentre estes, foi observada persistência de homicídios em alguns bairros em relação ao ano anterior. Na maioria dos bairros houve no máximo um homicídio, com exceção de Trincheiras (região norte), que notificou dois. A Figura 7(b) apresenta os bairros que notificaram homicídios por arma branca no ano de 2004.

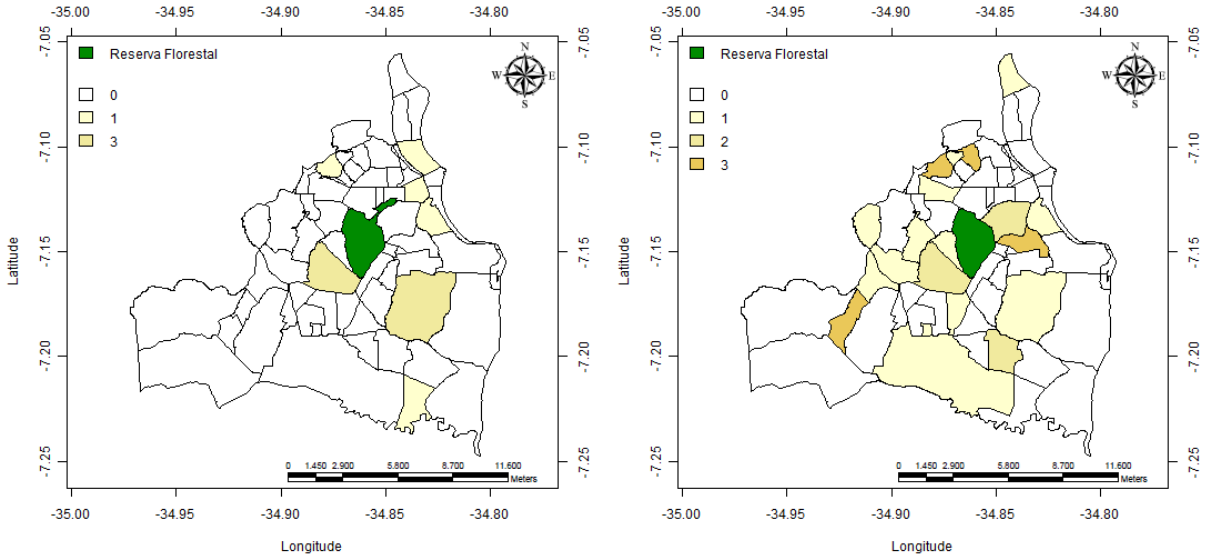


(a) 2003 (b) 2004

Figura 7: Mapas de ocorrência de homicídio por arma branca em 2003 e 2004

Em 2005 foram observadas ocorrências de homicídios nas regiões sudeste e norte (próximo ao litoral) do município. Como se pode ver na Figura 8(a), Mangabeira (região sudeste) e Cristo Redentor (região oeste) apresentaram três ocorrências cada um. Os bairros da região norte apresentaram no máximo uma ocorrência.

No ano de 2006 os casos de homicídios por arma branca ocorreram em um maior número de bairros e maior abrangência espacial no município. As ocorrências foram observadas em bairros pertencentes à região norte, a uma parte considerável da região oeste e da sudeste (próximo à Reserva Florestal e ao sul do município). Dentre os bairros que apresentaram notificações de homicídio por arma branca, quatro persistiram em relação ao ano anterior: um bairro no norte (Róger), um no oeste (Cristo Redentor) e dois no sudeste (Altiplano Cabo Branco e Mangabeira). Na Figura 8(b) podem ser observado os bairros em que ocorreram homicídios por arma branca no ano de 2006.



(a) 2005 (b) 2006

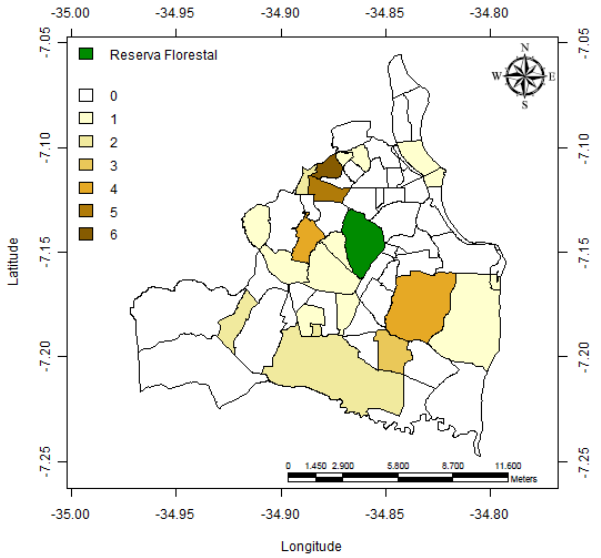
Figura 8: Mapas de ocorrência de homicídio por arma branca em 2005 e 2006

Em 2007 foram registrados homicídios nas regiões norte, oeste e sudeste do município, havendo persistência em diversos bairros com relação ao ano anterior. De acordo com a Figura 9(a), dois bairros da região norte apresentaram as maiores notificações de homicídios (Róger e Centro). Neste ano foram observadas frequências mais elevadas que nos anos anteriores.

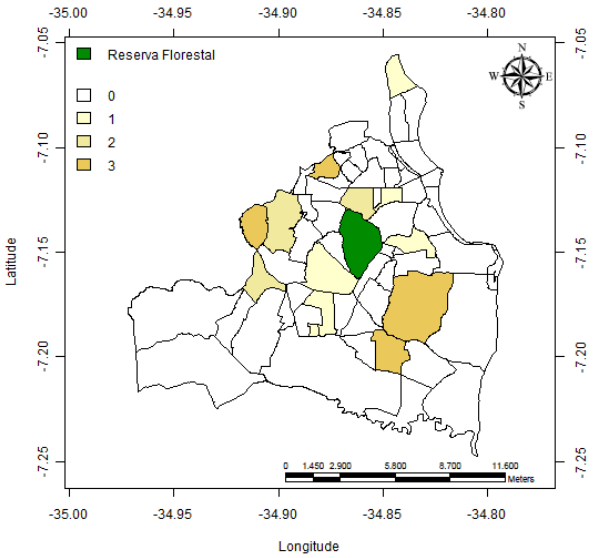
No ano de 2008 as ocorrências de homicídio por arma branca foram mais baixas, tanto no número de bairros quanto na quantidade de registros. Alguns bairros apresentaram persistência em relação a 2007, sendo eles: Róger, na região norte; Mangabeira e Valentina, na região sudeste e Ilha do bispo, Cristo Redentor e Grotão, na região oeste. Na Figura 9(b) podem ser observados os bairros que notificaram homicídios por arma branca em 2008.

Em 2009 o número de bairros em que houve homicídios por arma branca foi maior que no ano anterior, entretanto a frequência por bairro foi menor (no máximo dois homicídios). Como se pode observar na Figura 9(c), houve registros de homicídios nas regiões norte, oeste e sudeste do município. Na região norte foi identificada persistência em relação ao

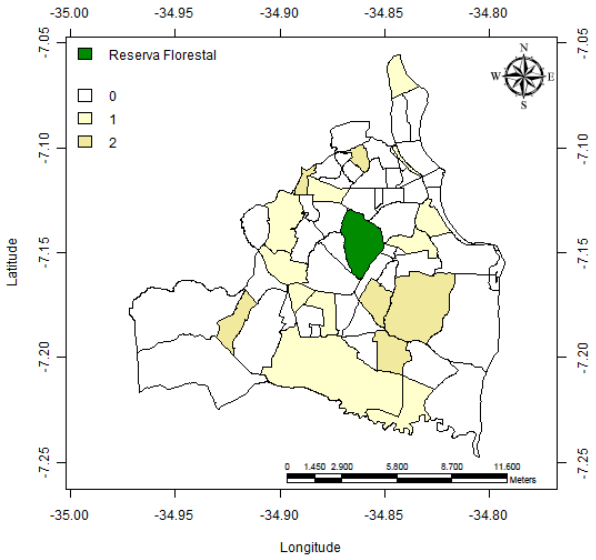
ano anterior apenas no Bessa; na região oeste foi nos bairros Ilha do Bispo e João Paulo II; na região Oeste foi em Mangabeira, Valentina e Bancários.



(a) 2007



(b) 2008



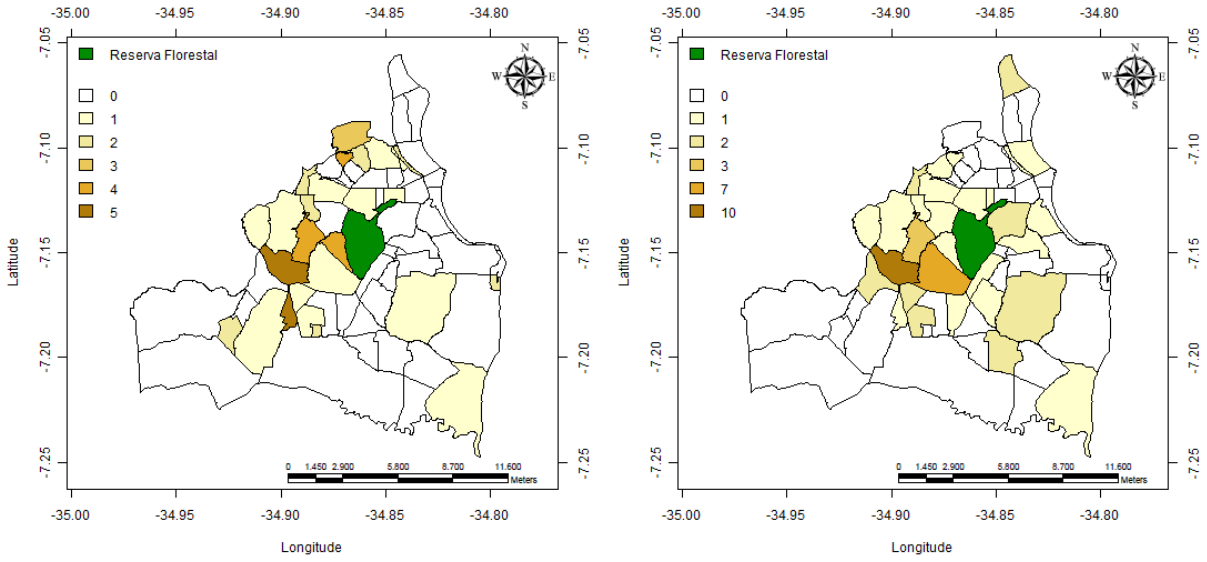
(c) 2009

Figura 9: Mapas de ocorrência de homicídio por arma branca de 2007 a 2009

4.2.2 Homicídios por Arma de Fogo

No ano de 2001, foram registrados homicídios por arma de fogo principalmente nas regiões sudeste, norte e oeste do município, sendo que estes duas últimas apresentaram bairros com frequência mais elevada. Na Figura 10(a) podem ser observadas as ocorrências de homicídios por bairro.

Em 2002 a maioria dos bairros em que ocorreram homicídios por arma de fogo havia registrado ocorrências no ano anterior, como se pode ver na Figura 10(b). A persistência foi mais clara na região oeste do município que, além disso, apresentou uma concentração de homicídios e bairros com as maiores frequências observadas. Nas regiões norte e sudeste também foram notificados homicídios por arma de fogo.



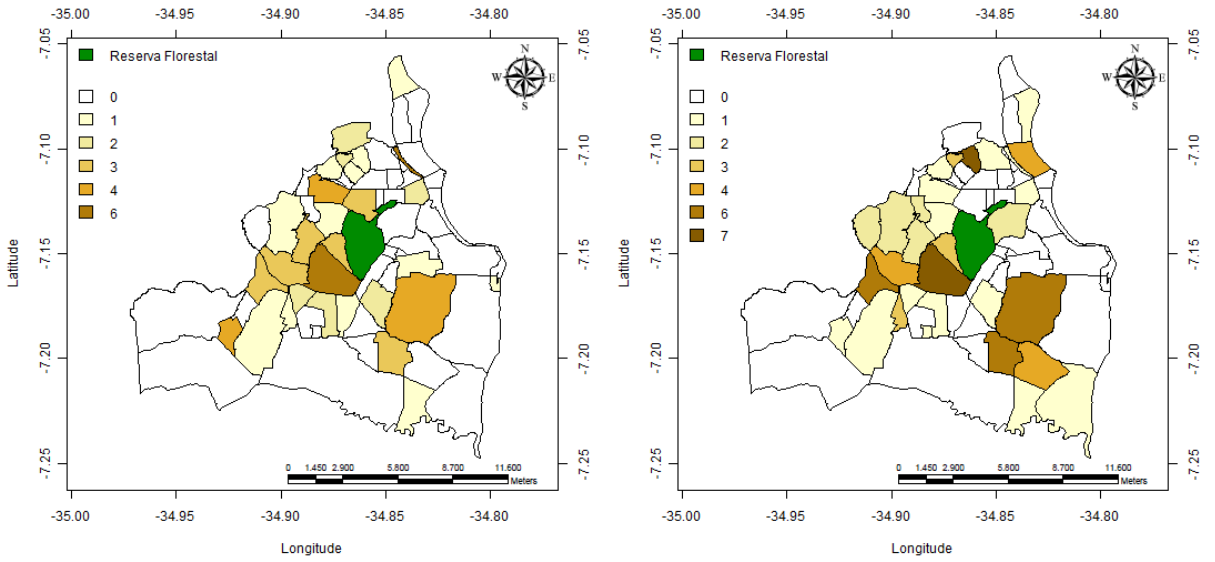
(a) 2001 (b) 2002

Figura 10: Mapas de ocorrência de homicídio por arma de fogo em 2001 e 2002

Em 2003 a maioria dos bairros com registro de homicídio pertencia às regiões norte e oeste, havendo também ocorrências na região sudeste do município. De acordo com a Figura 11(b), houve uma concentração de homicídios nas regiões oeste e norte, de modo que esta última apresentou bairros com frequência mais elevada que no ano anterior. A maioria dos bairros notificados em 2003 havia registrado homicídios no ano anterior,

caracterizando persistência no local. Também foi observada persistência em alguns bairros da região sudeste e norte.

No ano de 2004 a frequência de homicídios por arma de fogo nos bairros identificados foi maior que no ano anterior. Novamente foi observada persistência nas regiões sudeste, oeste e norte. A frequência dos homicídios nos bairros identificados foi maior que em 2003, como se pode ver na Figura 11(b).



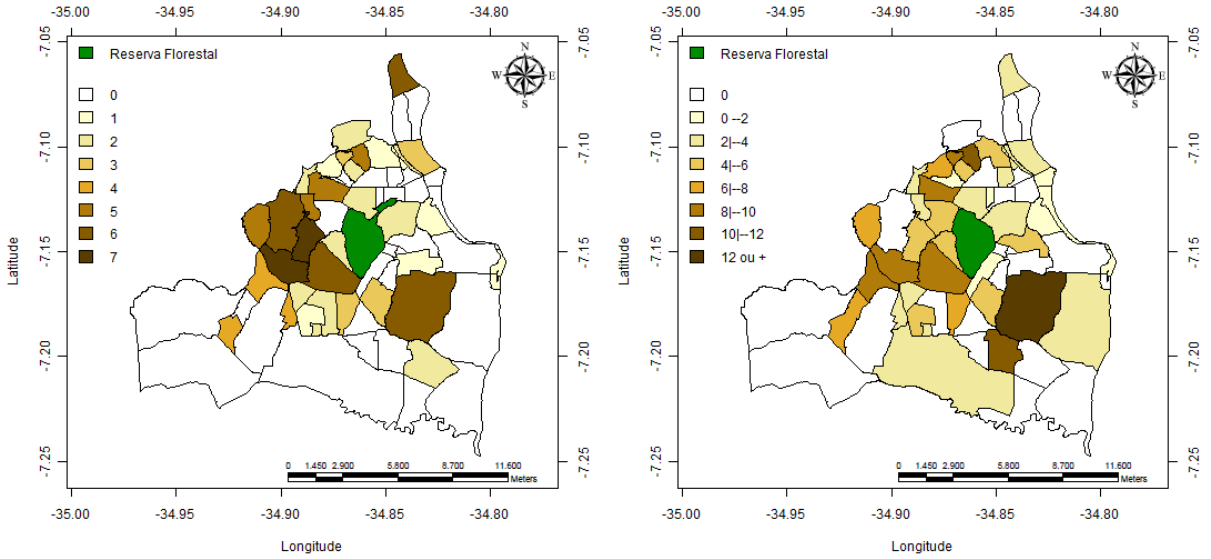
(a) 2003 (b) 2004

Figura 11: Mapas de ocorrência de homicídio por arma de fogo em 2003 e 2004

De acordo com a Figura 12(a), a frequência de homicídios por arma de fogo nos bairros em 2005 foi maior que no ano anterior. Foram notificados homicídios nas regiões norte, sudeste e oeste do município; havendo uma clara concentração de frequência elevada na região oeste. Neste ano, grande parte dos bairros identificados haviam apresentado homicídio no ano anterior, verificando-se assim uma persistência dos bairros em relação ao ano anterior, principalmente nas regiões oeste e norte.

Em 2006 foi observada maior dispersão dos homicídios nos bairros e aumento da frequência de ocorrências, com registros nas regiões norte, oeste e sudeste do município. Em ambas regiões foi observada persistência em relação ao ano anterior. Na Figura 12(b)

podem ser observadas as ocorrências de homicídios por arma de fogo no ano de 2006 em cada bairro.



(a) 2005 (b) 2006

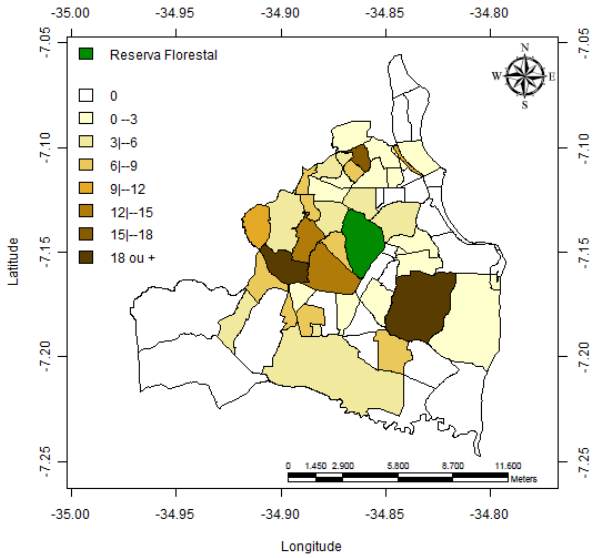
Figura 12: Mapas de ocorrência de homicídio por arma de fogo em 2005 e 2006

Em 2007 foram registrados homicídios desde a região oeste até a região norte e em boa parte do sudeste do município, como se pode ver na Figura 13(a). Entretanto a maioria dos bairros teve frequência menor que no ano anterior, sendo que um bairro de cada região apresentou valores mais elevados que nos demais. Além das regiões norte e oeste, foi verificada persistência em bairros da região sudeste.

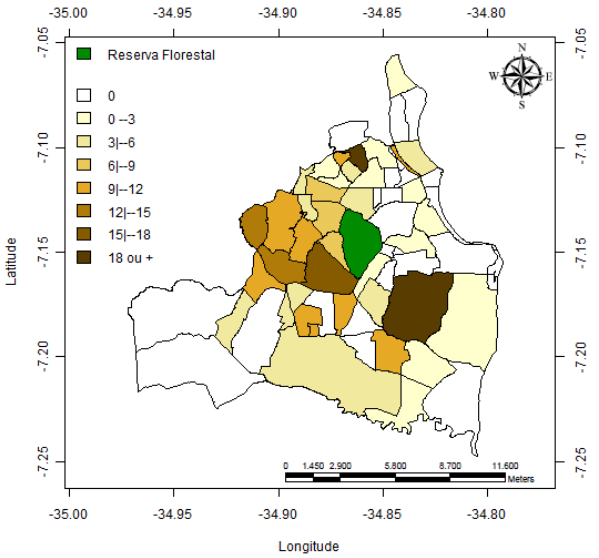
No ano de 2008 a maioria dos bairros da região oeste teve frequência mais elevada que no ano anterior, caracterizando também uma persistência de homicídios na região. Novamente foram observados homicídios desde a região norte até a região oeste, como se pode ver na Figura 13(b). A maioria dos bairros identificados na região sudeste também foram identificados no ano anterior. A região oeste apresentou uma concentração de frequência elevada, embora as maiores ocorrências tenham sido observadas nos bairros Mangabeira (região sudeste) e Mandacaru (região norte).

No ano de 2009 a frequência observada nos bairros foi menor que no ano anterior,

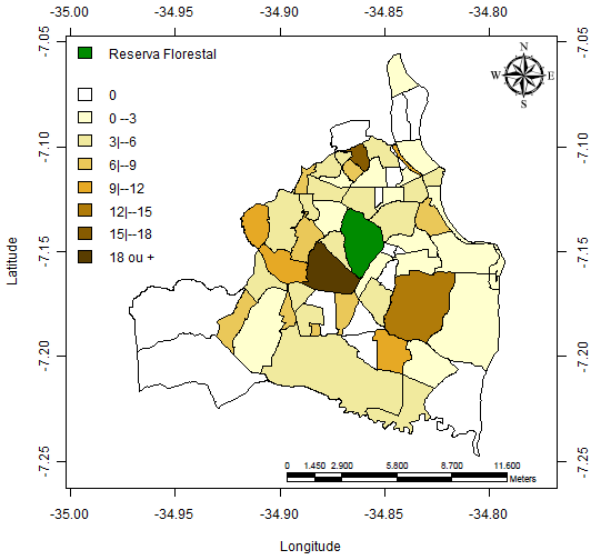
entretanto, as ocorrências de homicídio estiveram mais espalhadas pelo município. Assim, foi verificada persistência de registros na maioria dos bairros e as ocorrências de homicídio mais elevadas foram observadas nas regiões norte e oeste. De acordo com a Figura 13(c), os bairros com maior número de registros foram Cristo Redentor (região oeste) e Mandacaru (região norte).



(a) 2007



(b) 2008



(c) 2009

Figura 13: Mapas de ocorrência de homicídio por arma de fogo de 2007 a 2009

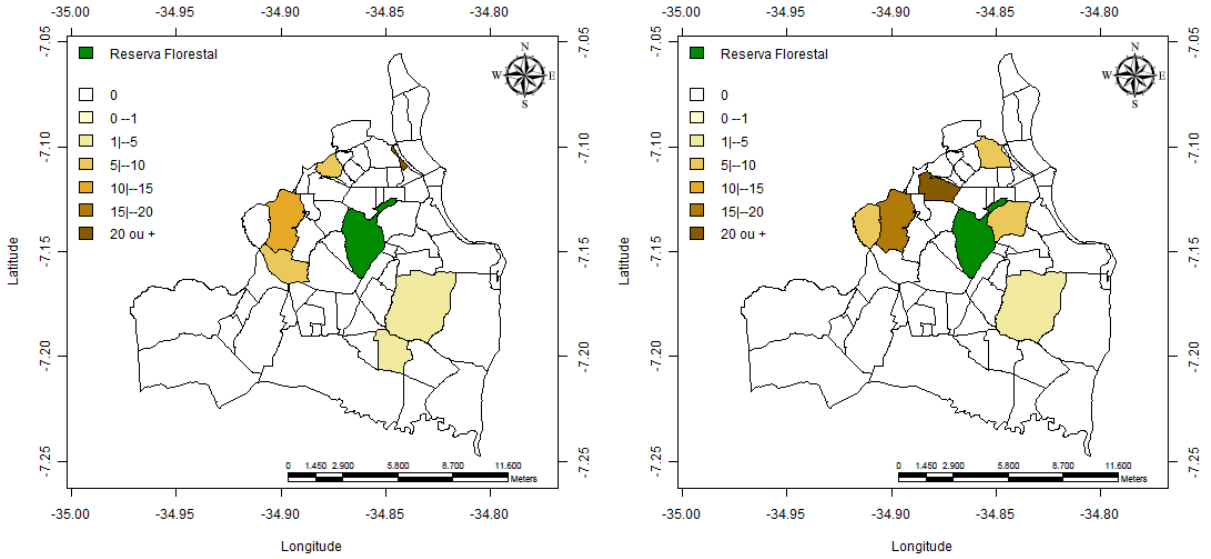
4.3 Mapas Cadastrais de Risco Relativo

Os mapas com a frequência de homicídios por bairro servem de base para uma análise inicial do comportamento espacial da variável de interesse. Entretanto, a contagem pura e simples dos casos não fornece informações sobre a chance de ocorrência do fenômeno nos bairros nem permite que haja comparações mais precisas entre os mesmos. Isto é, não se pode afirmar que uma região com maior número de homicídios e maior população tem risco mais elevado que outra região com frequência e população menores. Assim, o risco relativo indica as regiões com maior (ou menor) chance de ocorrência do fenômeno em estudo ao padronizar as informações ponderando a incidência (quociente entre o número de ocorrências e a população) de cada bairro pela incidência do município. Sob esta ótica, são apresentados a seguir mapas de risco de homicídio por arma branca e de fogo para o período de estudo, assim como definido no capítulo anterior.

4.3.1 Risco de Homicídio por Arma Branca

De acordo com os mapas de risco para o ano de 2001 apresentado na Figura 14(a), o maior risco observado ocorreu no bairro São José (região norte). Na região oeste do município também foram observados dois bairros com risco elevado, enquanto o risco de homicídio por arma branca na região sudeste foi menor.

Em 2002 novamente foi observado que os maiores riscos de homicídios ocorreram na região oeste do município, seguido pela região norte. Como se pode ver na Figura 14(b), o bairro Mangabeira (região sudeste) apresentou o menor risco de ocorrência de homicídios por arma branca.



(a) 2001 (b) 2002

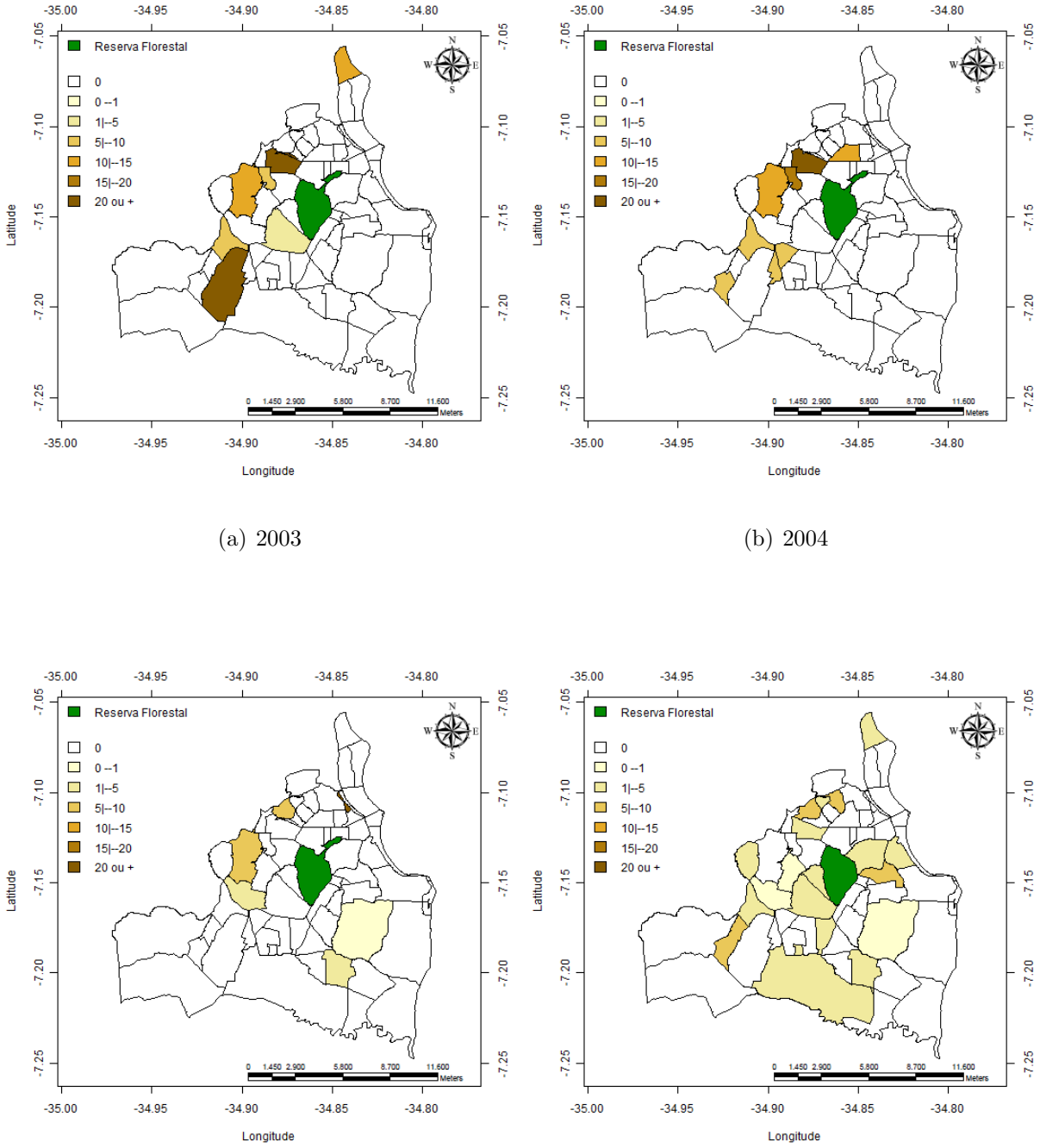
Figura 14: Mapas de risco de homicídio por arma branca para 2001 e 2002

No ano de 2003 praticamente todos os bairros que tiveram risco de homicídio por arma branca eram da região oeste. Os bairros com maior risco foram Distrito Industrial (região oeste), Tambiá e Centro (região norte). Na Figura 15(a) é apresentado o risco relativo de ocorrência de homicídio por arma branca para os bairros de João Pessoa.

Novamente, praticamente todos os bairros que apresentaram risco de homicídio no ano de 2004 estiveram na região oeste. Como se pode ver na Figura 15(b), neste ano os bairros apresentaram um risco no mínimo cinco vezes maior que toda João Pessoa.

No ano de 2005 o número de bairros que apresentaram risco diferente de zero foi menor, o bairro São José apresentou o maior risco em relação aos demais. De acordo com a Figura 15(c), foi observado risco diferente de zero nos bairros da região oeste e sudeste.

Em 2006 houve um maior espalhamento na distribuição do risco de homicídio em todas as regiões, como se pode ver na Figura 15(d). A maioria dos bairros apresentou risco de homicídio por arma branca de uma a quatro vezes maior que o risco de João Pessoa.



(a) 2003

(b) 2004

(c) 2005

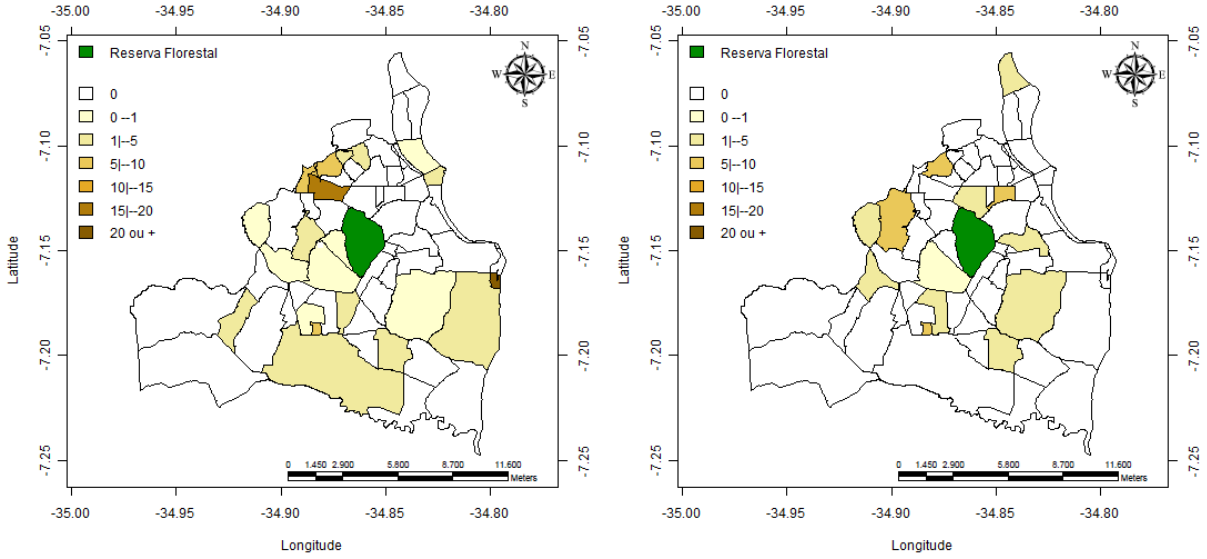
(d) 2006

Figura 15: Mapas de risco de homicídio por arma branca de 2003 a 2006

No ano de 2007 a distribuição do risco de homicídios continuou espalhada por todo município. De acordo com a Figura 16(a), a maioria dos bairros apresentou risco de até quatro vezes maior que João Pessoa. O bairro Penha (região sudeste) apresentou o maior risco observado e na região norte também houve três bairros vizinhos (Róger,

Varadouro e Centro) com risco relativo mais alto. A região oeste apresentou os menores riscos observados.

Em 2008 o número de bairros que apresentaram risco diferente de zero foi um pouco menor e se concentrou mais na parte central do município. A maioria dos bairros teve risco até quatro vezes maior que o risco de ocorrência da cidade. Como se pode observar na Figura 16(b), os valores mais elevados ocorreram nas regiões oeste e norte. Na região sudeste também foi observado bairros com risco diferente de zero.



(a) 2007 (b) 2008

Figura 16: Mapas de risco de homicídio por arma branca para 2007 e 2008

No ano de 2009 o risco de homicídio por arma branca teve maior abrangência, envolvendo bairros vizinhos daqueles observados no ano anterior. A maioria dos bairros teve risco de uma a quatro vezes maior que no município; o bairro Varadouro (região norte) apresentou o maior risco verificado. Na Figura 17(a) é mostrado o risco relativo de homicídio por arma branca para cada bairro no ano de 2009.

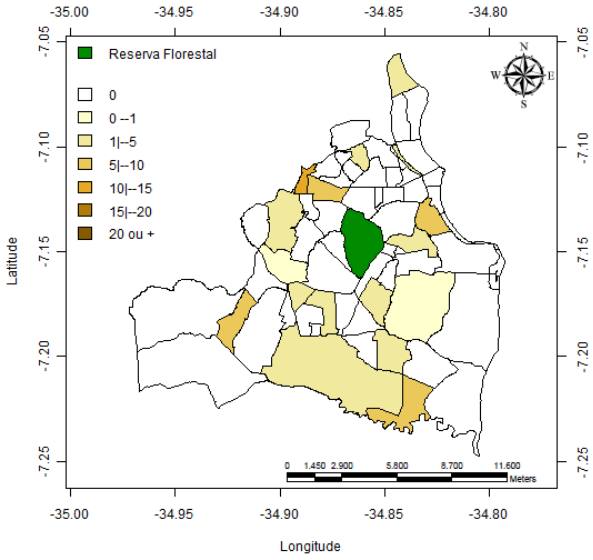
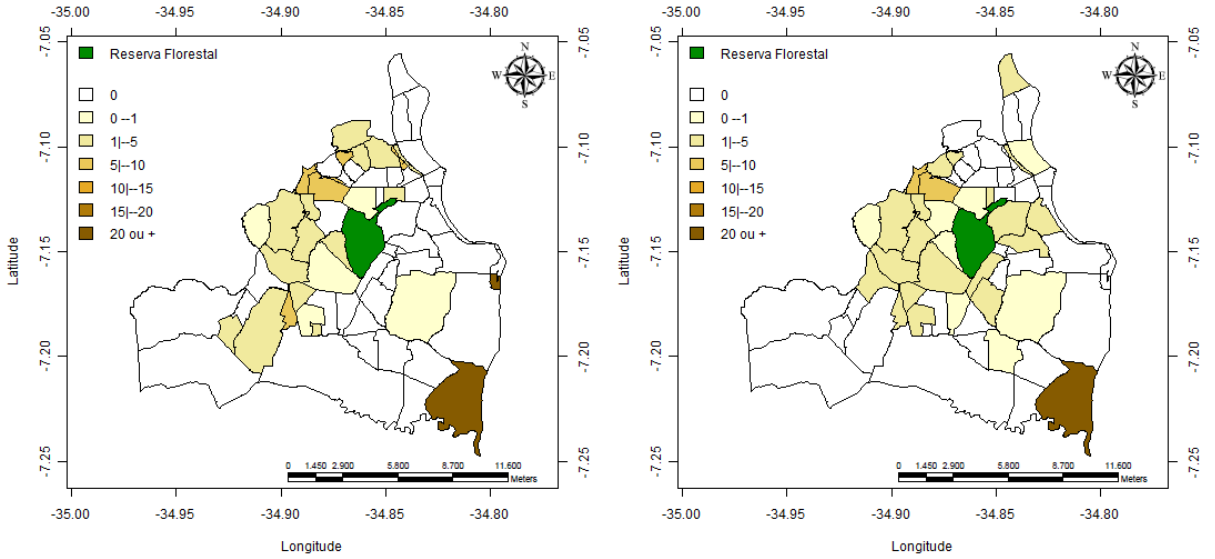


Figura 17: Mapas de risco de homicídio por arma branca em 2009

4.3.2 Risco de Homicídio por Arma de Fogo

Em 2001 a maioria dos bairros da região oeste apresentou risco relativo de homicídio por arma de fogo de uma a quatro vezes maior que no município. Na região norte, metade dos bairros tiveram risco de cinco a nove vezes maior que João Pessoa, como pode ser observado na Figura 18(a). Na região sudeste apenas três bairros apresentaram risco diferente de zero, sendo que dois deles tiveram os maiores risco observados (Penha e barra de Gramame).

No ano de 2002 foi observado um maior abrangência na região oeste, se estendendo também pela região norte e sudeste próxima à Reserva Florestal. Ao observar a Figura 18(b) nota-se que a maioria dos bairros teve risco de homicídio por arma de fogo de uma a quatro vezes maior que o risco do município. Novamente o bairro com maior risco foi Barra de Gramame (região sudeste), seguido pelos bairros Varadouro e Centro (região norte).



(a) 2001 (b) 2002

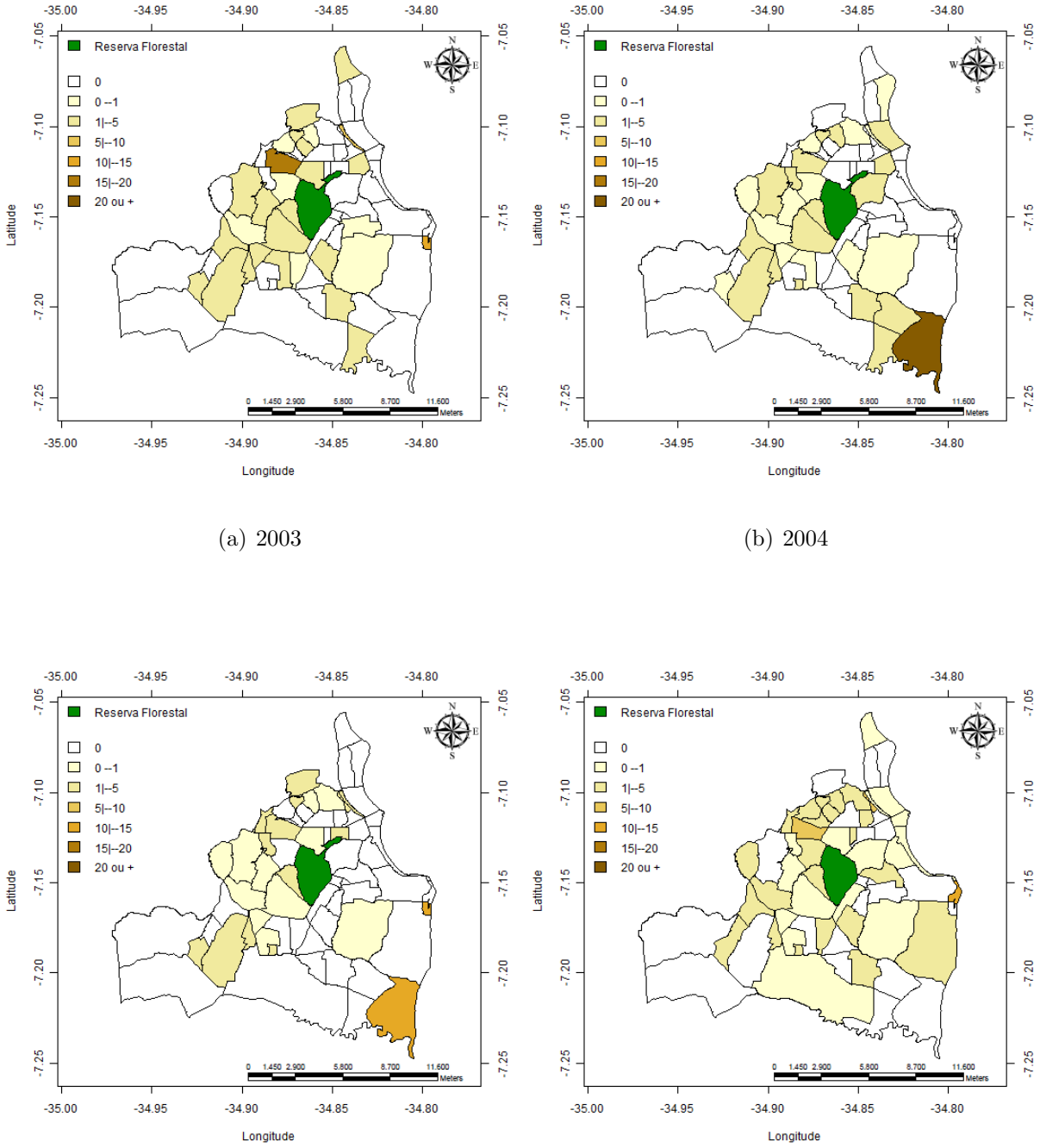
Figura 18: Mapas de risco de homicídio por arma de fogo em 2001 e 2002

No ano de 2003 a maioria dos bairros apresentou risco de homicídio até quatro vezes maior que o risco do município. Como se pode ver na Figura 19(a), muitos bairros da região oeste foram identificados, entretanto os maiores riscos foram observados na Penha (região sudeste), Centro e São José (região norte).

Em 2004 apenas Barra de Gramame apresentou risco dezessete vezes superior ao de João Pessoa. Os demais bairros tiveram risco até quatro vezes maior que o município, como pode ser observado na Figura 19(b).

De acordo com a Figura 19(c), no ano de 2005 o número de bairros com risco diferente de zero foi menor que no ano anterior. Além disso, a maioria deles teve risco de até quatro vezes maior que no município, com excessão dos bairros Penha e Barra de Gramame (região sudeste).

No ano de 2006 o risco de ocorrência de homicídio por arma de fogo foi mais abrangente em todo município, se comparado com o ano anterior. Os bairros que apresentaram maior risco foram Ponta dos Seixas (região sudeste), João Agripino e Centro (região norte). A Figura 19(d) apresenta a distribuição do risco relativo nos bairros para o ano de 2006.



(a) 2003

(b) 2004

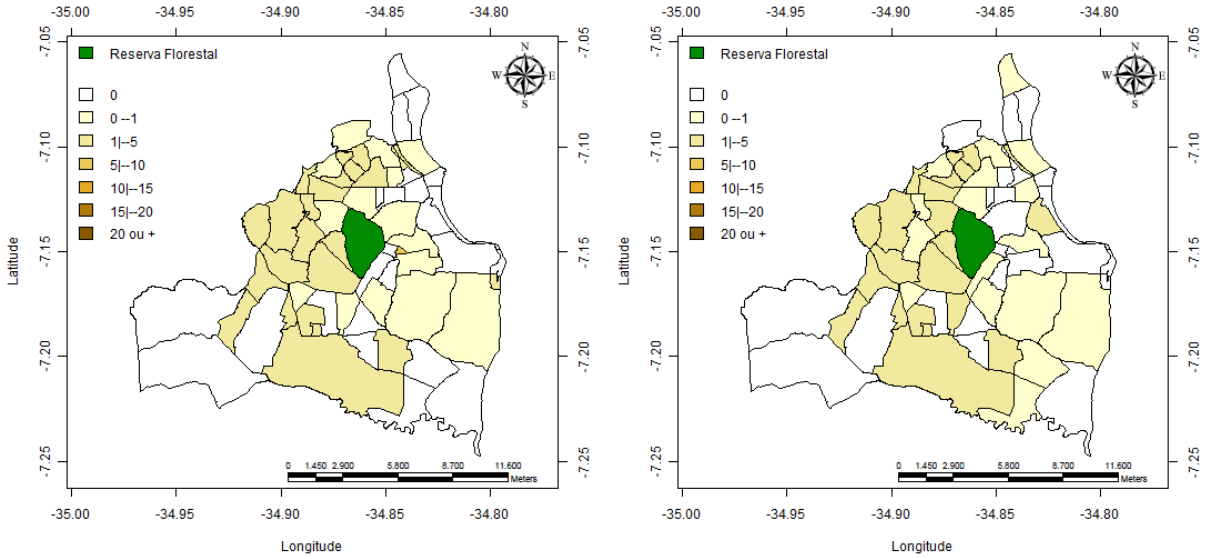
(c) 2005

(d) 2006

Figura 19: Mapas de risco de homicídio por arma de fogo de 2003 a 2006

Em 2007 o número de bairros com risco diferente de zero foi maior que no ano anterior, como se pode ver na Figura 20(a). Os bairros do norte e oeste tenderam a apresentar maior risco que os demais, com exceção do bairro Anatólia (sudeste), que teve o maior risco observado.

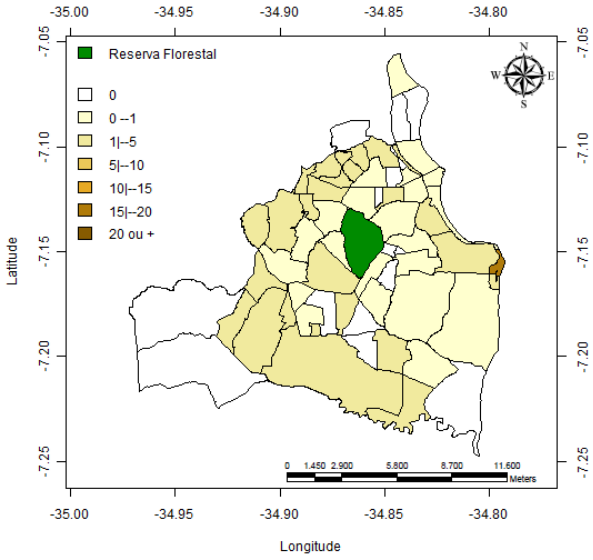
No ano de 2008 os bairros apresentaram risco de homicídio até quatro vezes maior que o risco de João Pessoa, ao passo em que houve registro em muitos bairros do município. Na Figura 20(b) é apresentado o risco relativo de homicídio por arma branca no ano de 2008.



(a) 2007 (b) 2008

Figura 20: Mapas de risco de homicídio por arma de fogo em 2007 e 2008

De acordo com a Figura 21(a), em 2009 muitos bairros apresentaram risco de homicídio por arma de fogo diferente de zero. Além disso, o bairro Ponta dos Seixas (região sudeste) apresentou o risco relativo mais elevado do ano. Em alguns bairros foi observado risco de uma a quatro vezes maior que o risco do município e em outros o risco inferior ao de João Pessoa.



(a) 2009

Figura 21: Mapas de risco de homicídio por arma de fogo em 2009

4.4 Estatística Scan Espaço-Temporal

Como no presente trabalho foram utilizados dados de contagem, os modelos de probabilidade adequados a aplicação da estatística Scan Espaço-Temporal eram o Poisson e o Permutação Espaço-Tempo. O tipo de análise realizado foi retrospectivo, que busca por conglomerados espaço-temporais que deixaram de existir ou que persistiram até o fim do período. Como é necessário intervir mais fortemente em regiões com maior risco, foi realizada uma varredura circular buscando conglomerados de alto risco. Tendo em vista que na literatura não há um percentual adequado para utilização da estatística Scan, foram testados percentuais de 3% a 10% da população para identificar qual deles apresentaria melhor resultado do ponto de vista epidemiológico. Quanto ao fator temporal, o modelo Permutação Espaço-Tempo busca por conglomerados que ocorram em até 50% do período, por esse motivo tal percentual também foi utilizado no modelo Poisson, para que ambos fossem os mais comparáveis quanto possível. Em cada teste foram realizadas mil réplicas na simulação de de Monte Carlo.

As saídas do *software* SaTScan foram adequadas ao R, para facilitar a análise dos

resultados por meio de mapas. Em anexo são encontrados os passos para utilização do SaTScan, bem como os scripts para geração dos mapas no R.

Como houve uma mudança no mapa de João Pessoa a partir de 2006, cada modelo foi aplicado considerando primeiramente os anos de 2001 a 2005 e em seguida, considerando de 2006 a 2009. Deste modo, os mapas correspondentes a cada período são dados separadamente. Isto ocorre devido à reorganização dos bairros implicarem em mudanças nas coordenadas geográficas de seus centroides (centro de massa de cada bairro), o que implica que os bairros que foram alterados tiveram seus centroides mudados de posição. A seguir são apresentados os resultados de cada modelo segundo os homicídios por arma branca e arma de fogo.

4.4.1 Modelo Permutação Espaço-Tempo

4.4.1.1 Homicídios por Arma Branca

A estatística Scan usando o modelo Permutação Espaço-Tempo não identificou conglomerados de homicídios por arma branca no período considerado para nenhum percentual da população utilizado (de 3% a 10%). Isto indica que segundo o modelo, não há áreas de alto risco ao longo do tempo em qualquer bairro de João Pessoa. Isto pode ser explicado pelo baixo número de óbitos observados nos bairros. Nas páginas em anexo encontram-se as saídas do *software* SaTScan.

4.4.1.2 Homicídios por Arma de Fogo

Para os anos de 2001 a 2005, o modelo Permutação Espaço-Tempo não identificou existência de conglomerados para nenhum dos percentuais de população testados. Para os anos de 2006 a 2009 apenas um dos percentuais testados identificou conglomerados estatisticamente significativos, que são apresentados a seguir. Embora o método procure por conglomerados que ocorram no espaço e no tempo simultaneamente, em determinadas situações pode ser identificados conglomerados que não persistiram em anos consecutivos, isto é, conglomerados que ocorreram em um único ano. As saídas do *software* SaTScan

encontram-se em anexo.

Fixando um percentual da população igual a $\beta = 3\%$, a estatística Scan usando o modelo Permutação Espaço-Tempo identificou um conglomerado na região norte do município, os bairros identificados foram Pedro Gondim, Brisamar, Tambauzinho, Miramar, Altiplano Cabo Branco e Tambaú. O conglomerado ocorreu no ano de 2009, o raio de busca utilizado foi igual a 1,69 km. Foram observadas seis ocorrências na região, sendo que de acordo com o modelo eram esperados 6,48 homicídios, o que representa uma diferença de 147% acima do valor esperado. A estatística de teste foi igual a 4,992 e o p-valor igual a 0,012. A Figura 22(a) apresenta o conglomerado identificado.

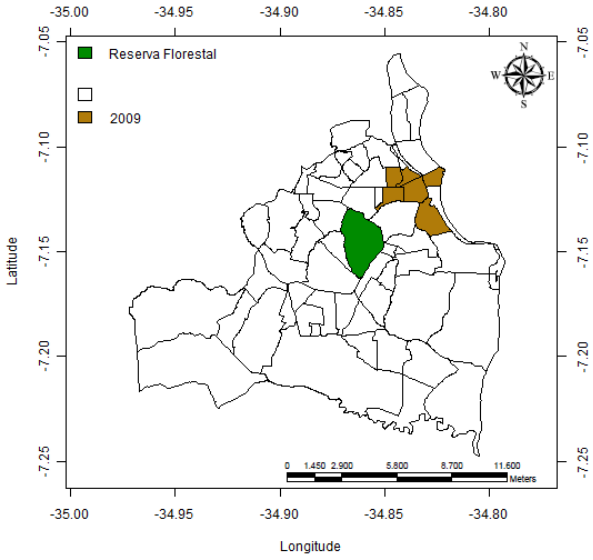


Figura 22: Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Permutação Espaço-Tempo com restrição de 3% da população

Para os demais percentuais de população (5%, 7% e 10%), a estatística Scan não encontrou conglomerados espaço-temporais estatisticamente significativos com o modelo permutação Espaço-Tempo. As saídas do *software* SaTScan encontram-se em anexo.

4.4.2 Modelo Poisson

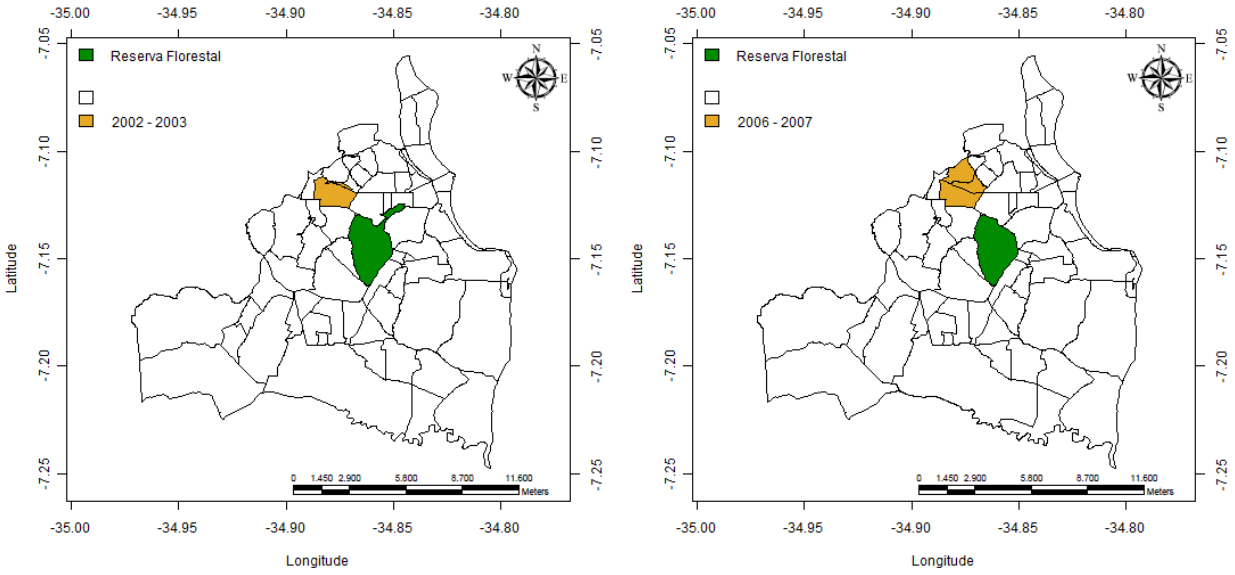
Assim como nos resultados apresentados para o modelo Permutação Espaço-Tempo, a seguir há uma divisão entre os óbitos por arma branca e arma de fogo. As saídas do *software* SaTScan encontram-se em anexo.

4.4.2.1 Homicídios por Arma Branca

Para o modelo Poisson, o primeiro percentual de população testado foi $\beta = 3\%$, assim os conglomerados não deveriam conter mais que 3% da população do município. A Figura 23 apresenta os referidos mapas com os resultados da estatística Scan. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- Para o mapa de João Pessoa que esteve em vigor de 2001 a 2005, a estatística Scan identificou um conglomerado espaço-temporal na região norte, envolvendo os bairros Centro e Tambiá. Este conglomerado ocorreu nos anos de 2002 e 2003, o raio do círculo foi 0,59 km e o número de ocorrências observadas igual a 3, enquanto eram esperadas 0,12. O risco relativo igual a 27,31, com razão de log-verossimilhança igual a 6,925 e p-valor igual a 0,041;

- Para o mapa de 2006 a 2009, a estatística Scan detectou conglomerados também na região norte, os bairros identificados foram os bairros Róger, Tambiá e Centro. Este conglomerado ocorreu nos anos de 2006 e 2007, o raio do círculo foi de 1,20 km, o risco relativo igual a 10,63, a razão de log-verossimilhança igual a 21,039 e o p-valor 0,001.



(a) 2001 a 2005

(b) 2006 a 2009

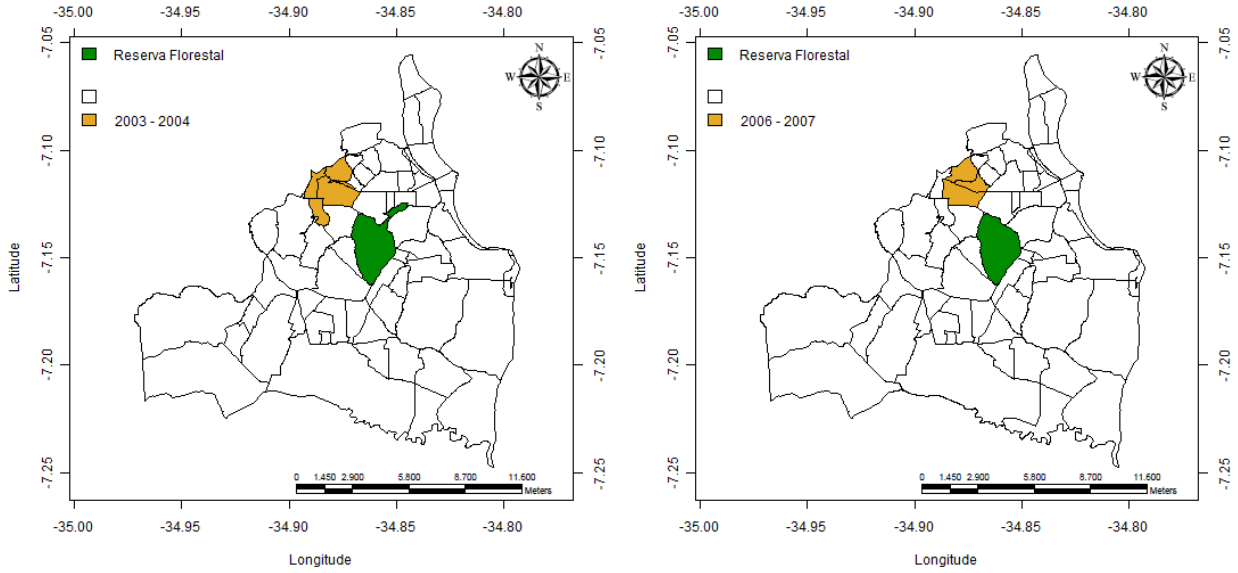
Figura 23: Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 3% da população para os homicídios por arma branca

Com o percentual de população igual a $\beta = 5\%$, o modelo Poisson identificou conglomerados entre a região norte e oeste, como se pode perceber, a região identificada foi um pouco maior que com o percentual anterior. A Figura 24 apresenta os mapas com os resultados da estatística Scan para com 5% da população. Os resultados observados foram os seguintes:

- Para os mapas de 2001 a 2005, o conglomerado foi identificado nos anos de 2003 e 2004, com raio do círculo igual a 1,74 km. O número de homicídios esperado foi igual a 6, enquanto o valor esperado foi igual a 0,76. O risco relativo observado na área identificada foi igual a 9,04, com razão de log-verossimilhança igual a 7,491 e p-valor igual a 0,036. Os bairros identificados foram Róger, Tambiá, Centro, Varadouro e Trincheiras;

- Em relação ao mapa de 2006 a 2009, a região identificada foi a mesma que com o parâmetro anterior (Rógger, Tambiá e Centro). O conglomerado ocorreu nos anos de 2006 e 2007, o raio de busca foi de 1,20 km e o número de casos observados igual

a 15, enquanto era esperado 1,59. O risco relativo foi igual a 10,63, com razão de log-verossimilhança 21,039 e p-valor 0,001.



(a) 2001 a 2005

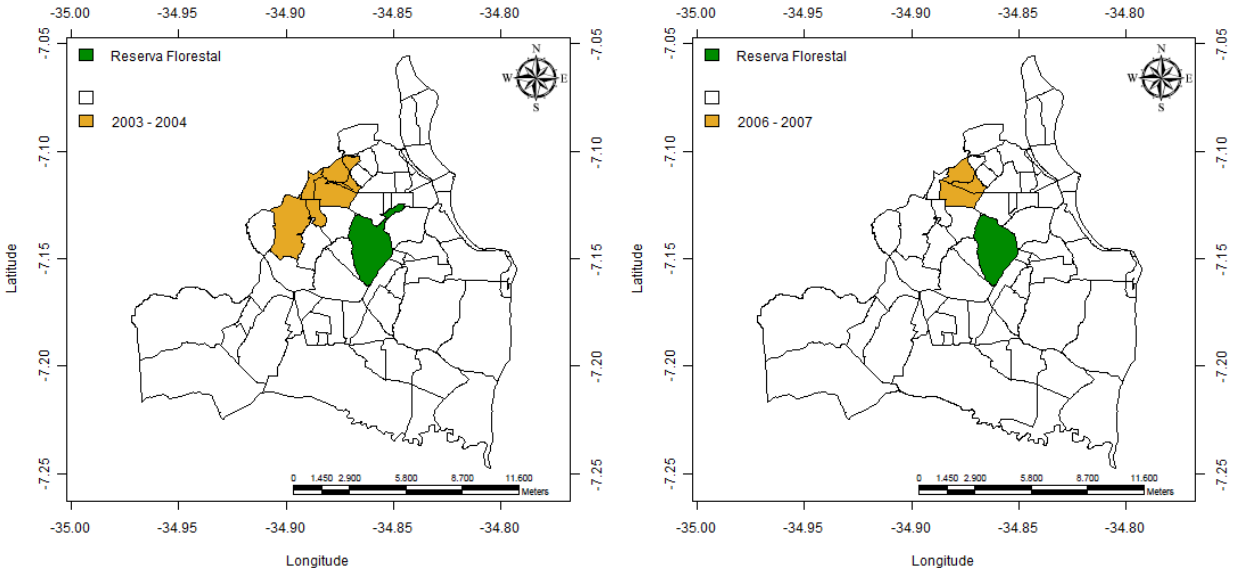
(b) 2006 a 2009

Figura 24: Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 5% da população para os homicídios por arma branca

Para $\beta = 7\%$ da população, a Figura 25 apresenta os mapas com os conglomerados identificados. De acordo com os mapas, pôde-se observar que:

- A estatística Scan identificou conglomerados novamente entre a região norte e oeste para o mapa de 2001 a 2005. Os bairros identificados foram Padre Zé, Róger, Jardim das Acácias, Tambiá, Centro, Varadouro, Trincheiras e Ilha do Bispo. O conglomerado ocorreu nos anos de 2003 e 2004, o raio do círculo foi igual a 2,47 km, o número de ocorrências foram 8, enquanto era esperado 1,13. O risco relativo foi igual a 8,58, com razão de log-verossimilhança igual a 9,435 e p-valor 0,008;

- Para o mapa de 2006 a 2009, novamente foram identificados os bairros Róger, Tambiá e Centro. O período foi entre 2006 e 2007, o raio de busca igual a 1,20 km, 15 ocorrências observadas e 1,59 esperadas. O risco relativo foi igual a 10,63, a razão de log-verossimilhança igual a 21,039 e o p-valor 0,001.



(a) 2001 a 2005

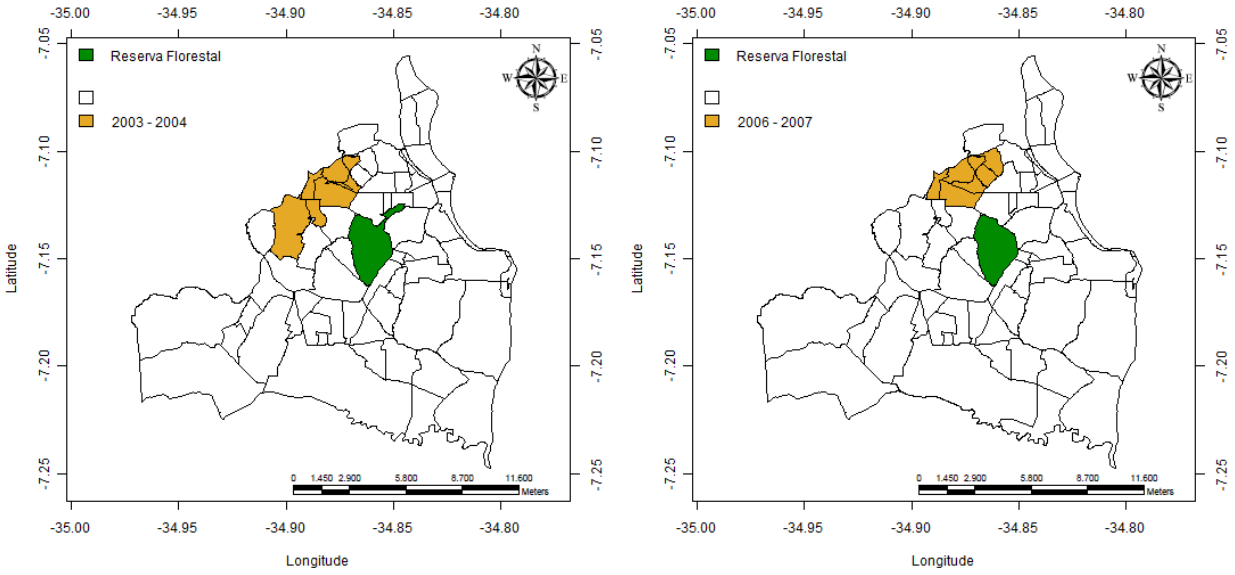
(b) 2006 a 2009

Figura 25: Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 7% da população para os homicídios por arma branca

A Figura 26 apresenta os mapas com os conglomerados identificados para uma restrição $\beta = 10\%$ da população. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- Para o mapa de 2001 a 2005 a estatística Scan detectou conglomerados nos bairros Padre Zé, Róger, Tambiá, Jardim das Acácias, Centro, Varadouro, Trincheiras e Ilha do Bispo. O período identificado foi entre os anos de 2003 e 2004, o raio de busca foi de 2,47 km, o número de homicídios foi igual a oito, sendo que apenas 1,13 eram esperados. O risco relativo foi 8,58, com razão de log-verossimilhança igual a 9,435 e p-valor 0,008;

- Para o mapa de 2006 a 2009, o modelo identificou conglomerados entre os anos de 2006 e 2007 envolvendo os bairros Mandacaru, Padre Zé, Treze de Maio, Tambiá, Róger, Varadouro e Centro. O raio de busca foi de 1,76 km, com 23 casos observados e 4,39 esperados. O risco relativo foi 6,24, a razão de log-verossimilhança 21,047 e o p-valor 0,001.



(a) 2001 a 2005

(b) 2006 a 2009

Figura 26: Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 10% da população para os homicídios por arma branca

4.4.2.2 Homicídios por Arma de Fogo

Os resultados da estatística Scan usando o modelo Poisson com uma restrição $\beta = 3\%$ da população são apresentados graficamente na Figura 27. Para o mapa de 2001 a 2005 foram identificados três conglomerados com raio de busca igual a 0 km, ou seja, formados por apenas um bairro:

- O primeiro ocorreu no ano de 2005 no Centro, sendo observados cinco homicídios, enquanto eram esperados apenas 0,27; o risco relativo foi igual a 18,36, a razão de verossimilhança foi 9,855 e o p-valor, 0,001;

- O segundo conglomerado ocorreu na Ilha do Bispo, com seis casos observados e 0,76 esperados; o risco relativo foi igual a 8,02, a razão de verossimilhança, 7,201 e o p-valor, 0,042;

- O terceiro conglomerado foi identificado em Mandacaru, nos anos de 2004 e 2005; foram observados 12 homicídios, esperados 3,20; o risco relativo foi 3,84, a razão de

log-verossimilhança 7,166 e o p-valor 0,044.

Para o mapa de 2006 a 2009, o modelo Poisson com $\beta = 3\%$ da população encontrou seis conglomerados distintos:

- O primeiro ocorreu em Mandacaru nos anos de 2008 a 2009, com raio do círculo igual a 0 km; o número de casos observado foi 34, enquanto foram esperados 8,47; o risco relativo foi igual a 4,14, a razão de log-verossimilhança foi 22,103 e o p-valor, 0,001;

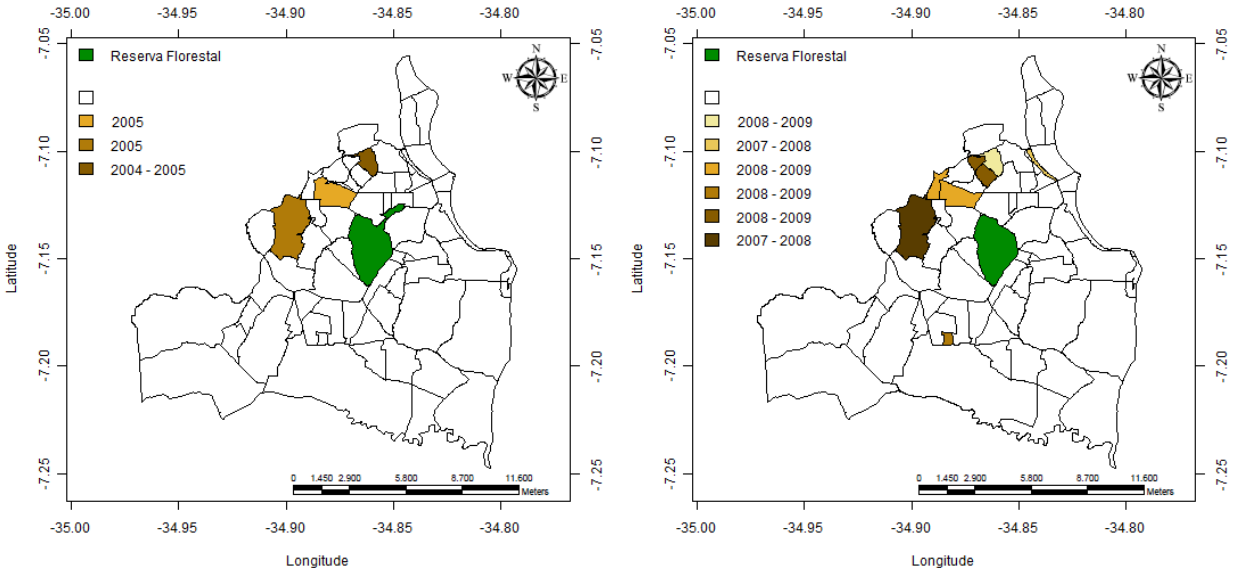
- O segundo conglomerado ocorreu no bairro São José nos anos de 2007 e 2008; o raio do círculo também foi igual a 0 km; foram observados 22 homicídios e esperados 5,36; o risco relativo foi 4,18, a razão de log-verossimilhança, 14,572 e o p-valor, 0,001;

- O terceiro conglomerado ocorreu no Varadouro e Centro nos anos de 2008 e 2009; o número de homicídios observado foi igual a 23 e o esperado, 5,96; o risco relativo no local foi 3,94, a razão de log-verossimilhança, 14,200 e o p-valor, 0,001

- O quarto conglomerado identificado ocorreu no Grotão nos anos de 2008 e 2009, com raio de busca igual a 0 km; foram observados 17 óbitos, enquanto eram esperados 3,62; o risco relativo foi igual a 4,77, a razão de log-verossimilhança foi 13,013 e o p-valor foi 0,001

- O quinto conglomerado envolveu os bairros Padre Zé e Treze de Maio nos anos de 2008 e 2009; o raio de busca foi igual a 0,86 km; o número de casos observado foi 25 e o esperado, 10,03; o risco relativo foi 2,54, a razão de log-verossimilhança, 7,992 e o p-valor, 0,018;

- O último conglomerado identificado ocorreu no bairro ilha do Bispo entre 2007 e 2008, com raio de busca igual a 0 km; O número de homicídios observado foi 14, enquanto eram esperados 3,99; O risco relativo da área foi 3,55, a razão de log-verossimilhança foi 7,617 e o p-valor, 0,03.



(a) 2001 a 2005

(b) 2006 a 2009

Figura 27: Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 3% da população para os homicídios por arma de fogo

Considerando uma restrição populacional $\beta = 5\%$, o modelo Poisson identificou conglomerados no mapa de 2001 a 2005 em duas localidades, como se pode ver na Figura 28:

- O primeiro conglomerado ocorreu no Centro, no ano de 2005; o número de casos observado foi igual a cinco, enquanto era esperado 0,27; o risco relativo foi 18,61; a razão de log-verossimilhança foi igual a 9,855 e o p-valor, 0,005;

- O segundo conglomerado envolveu os bairros Mandacaru, Padre Zé e Treze de Maio, nos anos de 2004 e 2005; o raio de busca foi 0,89 km; o número de casos observados foi 20 e o número de casos esperados foi 6,94; o risco relativo foi 2,99; a razão de log-verossimilhança foi 8,360 e o p-valor, 0,020.

Para o mapa de 2006 a 2009, com $\beta = 5\%$ da população, os conglomerados identificados foram:

- O primeiro conglomerado identificado ocorreu entre 2008 e 2009 nos bairros Mandacaru, Padre Zé e Treze de Maio; o número de homicídios observado foi igual a

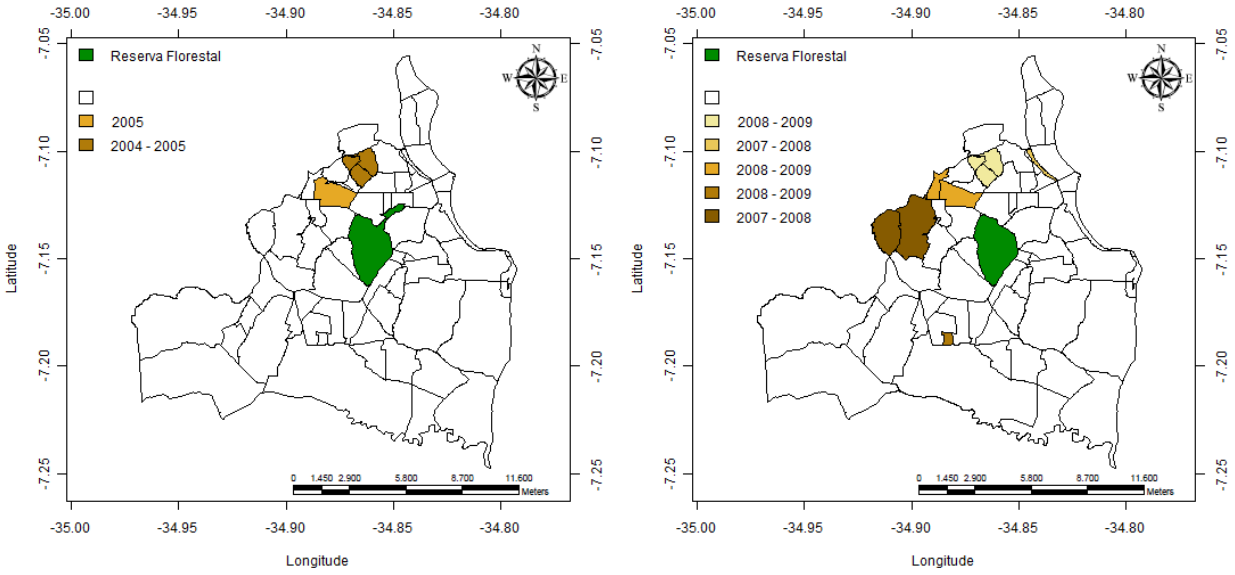
59, enquanto eram esperados 18,50; o risco relativo foi igual a 3,35; a razão de log-verossimilhança, 28,891 e o p-valor, 0,001;

- O segundo conglomerado identificado ocorreu no bairro São José nos anos de 2007 e 2008; o raio de busca foi de 0 km; o número de casos observados foi 22; eram esperados 5,36; o risco relativo foi igual a 4,18, a razão de log-verossimilhança, 14,572 e o p-valor, 0,001;

- O terceiro conglomerado identificado ocorreu nos bairros Centro e Varadouro nos anos de 2008 e 2009; o número de casos observados foi igual a 23, sendo esperados 5,96; o risco relativo foi igual a 3,94, a razão de verossimilhança, 14,200 e o p-valor, 0,001;

- O quarto conglomerado identificado ocorreu no Grotão nos anos de 2008 e 2009; foram observados 17 homicídios, enquanto eram esperados 3,62; o risco relativo observado na localidade foi igual a 4,77, a razão de log-verossimilhança foi 13,013 e o p-valor, 0,001;

- O quinto conglomerado identificado ocorreu nos bairros Ilha do Bispo e Alto do Mateus nos anos de 2007 e 2008; o risco relativo na área foi igual a 2,35, a razão de log-verossimilhança foi 9,526 e o p-valor, 0,005.



(a) 2001 a 2005

(b) 2006 a 2009

Figura 28: Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 5% da população para os homicídios por arma de fogo

Para $\beta = 7\%$ da população, a Figura 29 apresenta os mapas com os conglomerados identificados, no qual a estatística Scan detectou conglomerados no mapa de 2001 a 2005 em duas localidades:

- A primeira envolveu os bairros Padre Zé, Róger, Jardim das Acácias, Tambiá, Centro, Varadouro, Trincheiras e Ilha do Bispo; o ano foi 2005 e o raio de busca 2,47 km; o número de casos observado foi 22, enquanto o esperado era de 5,11; o risco relativo foi igual a 4,52, a razão de log-verossimilhança, 15,638 e o p-valor, 0,001;

- O segundo conglomerado ocorreu entre 2004 e 2005 nos bairros Jardim Veneza, Bairros das Indústrias, Vieira Diniz, Distrito industrial e Costa e Silva; o raio de busca foi de 2,33 km; 23 homicídios foram observados, sendo que eram esperados 7,81; o risco relativo foi igual a 3,08, a razão de log-verossimilhança, igual a 9,981 e o p-valor, 0,006.

No mapa de 2006 a 2009 ($\beta = 7\%$), os conglomerados ocorreram nos bairros:

- Mandacaru, Padre Zé e Treze de Maio nos anos de 2008 e 2009; o raio de busca foi igual a 0,87 km; o número de ocorrências registradas foi 59, enquanto eram esperadas 18,50; o risco relativo foi igual a 3,35, a razão de log-verossimilhança, 28,891 e o p-valor, 0,001;

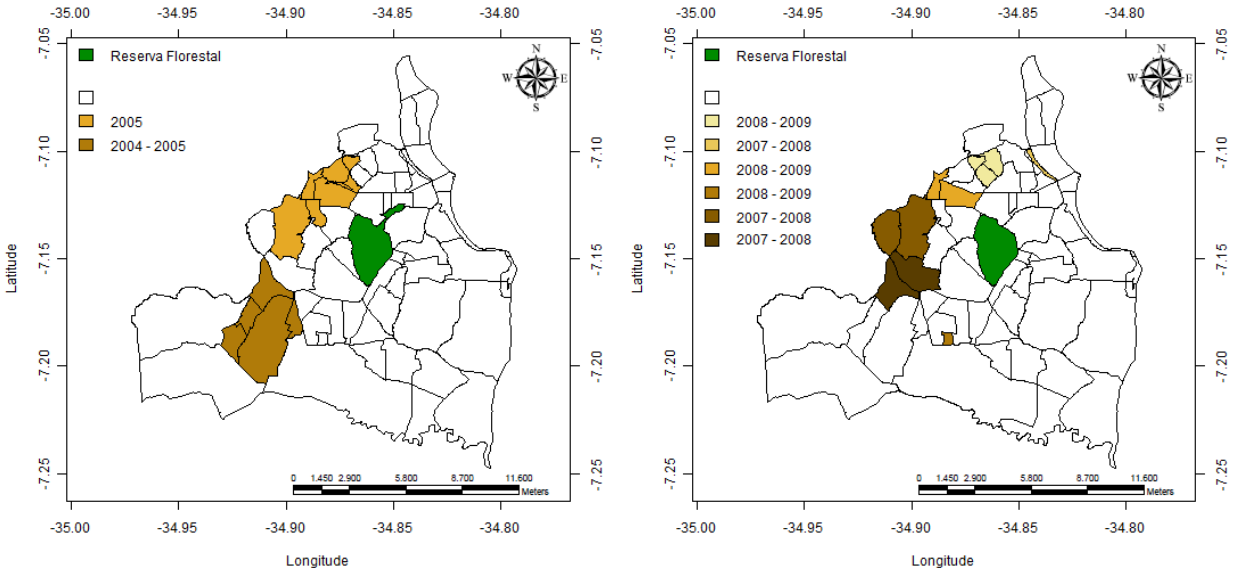
- São José, em 2007 e 2008; o raio de busca foi igual a 0 km; o número de homicídios observado foi 22 e o esperado, 5,36; o risco relativo foi igual a 4,18, a razão de log-verossimilhança foi 14,572 e o p-valor, 0,001;

- Centro e Varadouro nos anos de 2008 e 2009; o raio utilizado foi de 1,21 km; o número de casos observados foi igual a 23, sendo esperados 5,96; o risco relativo foi 3,94, a razão de log-verossmilhança foi 14,200 e o p-valor, 0,001;

- Grotão nos anos de 2008 e 2009, com raio da circunferência igual a 0 km; o número de homicídios observado foi igual a 17, o número esperado, 3,62; o risco relativo foi 4,77; a razão de log-verossimilhança foi igual a 13,013 e o p-valor, 0,001;

- Alto do Mateus e Ilha do Bispo nos anos de 2007 e 2008, com raio de busca igual a 1,45 km; foram observados 35 homicídios, sendo esperados 15,27; o risco relativo foi 2,35, a razão de log-verossimilhança igual a 9,526 e o p-valor, 0,007;

- Jardim Veneza e Oitizeiro nos anos de 2007 e 2008; o raio de busca foi de 1,35 km; o número de ocorrências registradas foi 53 e o número de ocorrências esperada, 27,67; o risco relativo foi igual a 1,97, a razão de log-verossimilhança, 9,490 e o p-valor, 0,007.



(a) 2001 a 2005

(b) 2006 a 2009

Figura 29: Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 7% da população para os homicídios por arma de fogo

Para um percentual $\beta = 10\%$ da população, a estatística Scan detectou dois conglomerados espaço-temporais no mapa de 2001 a 2005, como se pode ver na Figura 30:

- O primeiro ocorreu no ano de 2005 e envolveu os bairros Padre Zé, Róger, Tambiá, Jardim das Acácias, Centro, Varadouro, Trincheiras e Ilha do Bispo; o raio de busca foi de 2,47 km; foram observados 22 homicídios na região, enquanto eram esperados 5,11; o risco relativo na área foi igual a 4,52; a razão de log-verossimilhança foi 15,638 e o p-valor, 0,001;

- O segundo conglomerado envolveu os bairros Jardim Veneza, Vieira Diniz, Bairro das Indústrias, Distrito Industrial e Costa e Silva; o conglomerado ocorreu nos anos de 2004 e 2005, com raio de busca igual a 2,33 km; o número de homicídios observado foi igual a 23, mas o esperado foi 7,81; o risco relativo na área foi igual a 3,08, a razão de log-verossimilhança foi 9,981 e o p-valor, 0,007.

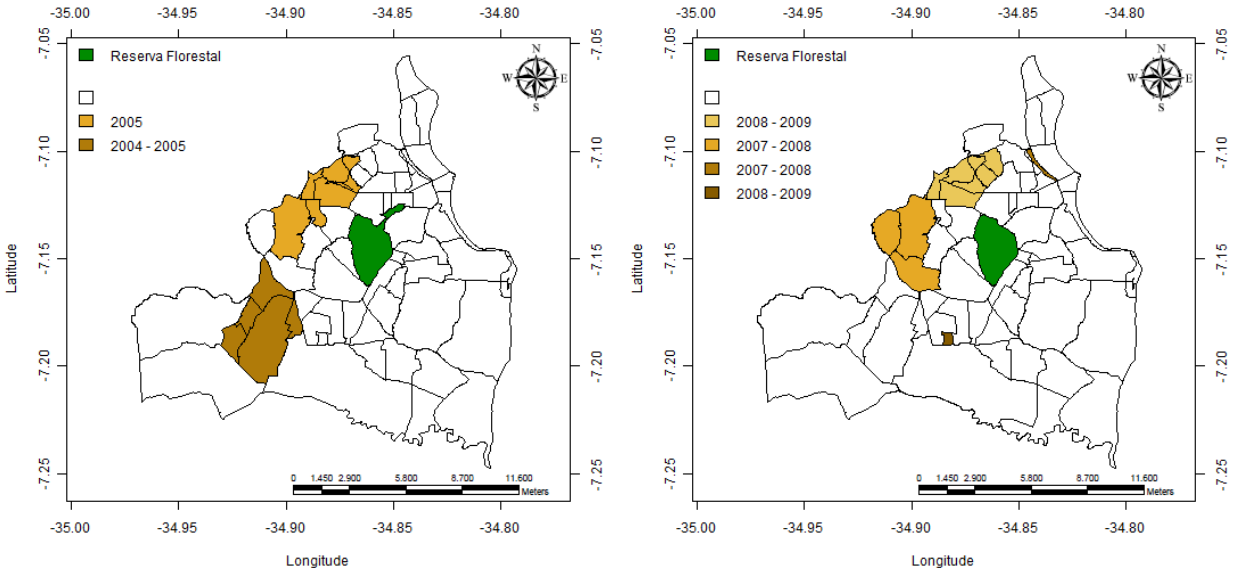
Para o mapa de 2006 a 2009 ($\beta = 10\%$), a estatística Scan identificou quatro conglomerados distintos:

- O primeiro deles ocorreu nos anos de 2008 e 2009 envolvendo os bairros Mandacaru, Padre Zé, Treze de Maio, Tambiá, Róger, Varadouro e Centro; o raio de busca foi de 1,76 km; o número de homicídios observado foi 90, enquanto eram esperados 33,58; o risco relativo foi 2,87, a razão de log-verossimilhança igual a 34,228 e o p-valor, 0,001;

- O segundo conglomerado ocorreu nos bairros Ilha do Bispo, Alto do Mateus e Oitizeiro nos anos de 2007 e 2008; o raio de busca foi de 2,61 km; o número de casos observado foi 71, sendo esperados 34,58; o risco relativo foi igual a 2,15; a razão de log-verossimilhança foi 15,449 e o p-valor, 0,001;

- O terceiro conglomerado ocorreu no bairro São José nos anos de 2007 e 2008, com raio de busca de 0 km; ocorreram 22 homicídios, sendo que eram esperados 5,36; a razão de log-verossimilhança foi 14,572 e o p-valor, 0,001;

- O quarto conglomerado ocorreu no bairro Grotão nos anos de 2008 e 2009; o raio da circunferência foi de 0 km; o número de homicídios observado foi 17 e o esperado, 3,62; o risco relativo foi 4,77; a razão de log-verossimilhança, 13,013 e o p-valor, 0,001.



(a) 2001 a 2005

(b) 2006 a 2009

Figura 30: Conglomerado identificado pela estatística Scan usando o modelo Poisson com restrição de 10% da população para os homicídios por arma de fogo

4.5 Discussão

Até o ano de 2004 os homicídios por arma branca ocorreram em bairros do norte e oeste do município. Em 2005 a maioria das ocorrências foi registrada em bairros da região norte próximo ao litoral. Em 2006 e 2007 foram registrados mais homicídios por arma branca, além da abrangência observada em todo município. Em 2008 houve uma diminuição do número de bairros que registraram ocorrências, assim como em 2009.

Os mapas de risco por arma branca indicaram que os bairros do norte e oeste apresentaram os maiores riscos de homicídio por arma branca entre 2001 e 2005. Por outro lado, a partir de 2006 o risco observado nos bairros foi menor que no período anterior. Novamente os bairros do norte e oeste apresentaram áreas de risco persistentes ao longo dos anos.

No que diz respeito aos homicídios por arma de fogo, observou-se que a partir de 2004 os mapas apesentaram um espalhamento gradativo por todo município. O risco elevado nos bairros Barra de Gramame e Penha é devido à baixa população presente nos mesmos,

que leva a ponderação pela população gerar um alto risco. Por outro lado, bairros que apresentaram mais casos, como Mangabeira, tiveram riscos mais baixos devido o tamanho populacional.

A comparação dos resultados da estatística Scan espaço-temporal, foi realizada sob a ótica epidemiológica, tendo em vista que não se sabia *a priori* quais e quantos conglomerados haviam, caso existissem. Assim, os resultados foram comparados com os mapas de contagem de homicídios por bairro e de risco relativo. Com esta abordagem, espera-se que os conglomerados identificados não sejam muito distintos das áreas em que foram registradas ocorrências do fenômeno em estudo.

A estatística Scan utilizando o modelo Permutação Espaço-Tempo não detectou conglomerados espaciais para qualquer percentual de população no que diz respeito aos homicídios por arma branca. Para os homicídios por arma de fogo o modelo identificou conglomerados apenas para um percentual de 3% da população. Os bairros identificados pertenciam a região norte próximo ao litoral no ano de 2009. Entretanto, a maioria dos bairros identificados não registrou homicídios, isto se deve ao raio de busca da circunferência para que a mesma contenha 3%.

Com o modelo Poisson, a estatística Scan identificou conglomerados espaço-temporais para todos os percentuais de população. Para o mapa de 2001 a 2005, o modelo identificou conglomerados em bairros entre a região norte e oeste, sendo que os percentuais do resultado para 7% e 10% foram idênticos. Para o mapa de 2006 a 2009, os percentuais de 3% a 7% apresentaram os mesmos resultados. Foram identificados conglomerados apenas na região norte, entretanto a região identificada era próxima à do período anterior.

Em relação aos homicídios por arma de fogo, para o mapa de 2001 a 2005 todas as restrições de população identificaram conglomerados no norte e oeste do município. Com 3% da população foram identificados três conglomerados distintos, cada um formado por um único bairro. Já para 5%, houve conglomerados apenas na parte norte no município. Com 7% e 10% os conglomerados identificados foram os mesmos. Ao comparar com os mapas de risco, o modelo com 7% ou 10% da população apresentaram os melhores

resultados, tendo em vista que os conglomerados envolveram bairros do norte e oeste do município que persistiram no período considerado.

Já para o mapa de 2006 a 2009, o modelo Poisson com 7% da população identificou melhor os bairros, de acordo com os mapas de risco. Os conglomerados identificados envolveram alguns bairros das regiões norte e oeste do município, sendo que dois conglomerados eram formados apenas por um bairro: um em São José e outro em Grotão.

Com base nas informações acima, o melhor modelo de probabilidade para identificação de conglomerados espaço-temporais com a estatística Scan foi o modelo Poisson com restrição de 7% da população. Este se mostrou melhor adequado do ponto de vista epidemiológico, tanto para os homicídios por arma branca quanto por arma de fogo.

5 Considerações Finais

O presente trabalho buscou avaliar o desempenho da estatística Scan utilizando os modelos Permutação Espaço-Tempo e Poisson para os homicídios por arma branca e arma de fogo ocorridos no município de João Pessoa, PB, nos anos de 2001 a 2009. A comparação foi realizada segundo a abordagem epidemiológica, ou seja, por meio da comparação dos resultados com os mapas de contagem e de risco.

De acordo com os mapas, foi verificado que as regiões norte e oeste registraram ocorrências em todo período de estudo. Além disso, o bairro Mangabeira, na região sudeste, apresentou os maiores números de registros, entretanto seu risco relativo foi baixo, devido à alta densidade demográfica.

Para cada modelo de probabilidade da estatística Scan abordados no trabalho, foram testados diferentes percentuais de população para restrição do tamanho do conglomerado. O modelo Permutação Espaço-Tempo não identificou conglomerados espaço-temporais para os homicídios por arma branca. Quanto aos homicídios por arma de fogo, o modelo Permutação Espaço-Tempo identificou conglomerados apenas para 3% da população, entretanto o conglomerado ocorreu em uma região distinta do esperado.

O modelo Poisson identificou conglomerados espaço-temporais em todos os percentuais de população. Tanto para homicídios por arma branca quanto arma de fogo, o melhor percentual da população utilizado foi de 7%. Assim sendo, este modelo foi o que mais se aproximou dos conglomerados esperados ao observar os mapas de risco. Com base nos resultados, foram identificados conglomerados de homicídios por arma branca entre as regiões norte e oeste, envolvendo os bairros Padre Zé, Róger, Jardim das acácias,

Tambiá, Centro, Varadouro, Trincheiras e Ilha do Bispo nos anos de 2003 e 2004. Nos anos de 2006 e 2007 também foram identificados conglomerados na região norte formada pelos bairros Róger, Tambiá e Centro. Para os homicídios por arma de fogo, a estatística Scan identificou conglomerados entre a região norte e oeste no ano de 2005 e outro na região oeste nos anos de 2004 e 2005. Outros conglomerados foram identificados entre 2007 e 2009 no norte e no oeste do município. Isto permite concluir que a violência se deslocou para bairros vizinhos, embora tenha permanecido na mesma região ao longo do tempo.

Referências

ASSUNÇÃO, L. Duczmal a R. A simulated annealing strategy for the detection of arbitrary shaped spatial clusters. *Computational Statistics and data analysis*, v. 45, p. 269–286, 2004.

ASSUNÇÃO, R. M. *Estatística espacial com aplicações em epidemiologia, economia e sociologia*. São Carlo, SP: Associação Brasileira de Estatística, 2001. Disponível em: <http://www.est.ufmg.br/ assuncao/art/art.html>.

BALIEIRO, A. S. S. *Detecção de conglomerados dos alertas de desmatamentos no Estado do Amazonas usando estatística de varredura espaço-temporal*. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) — Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

BEATO FILHO, C. C. et al. Conglomerados de homicídios e o tráfico de drogas em belo horizonte, minas gerais, brasil, de 1995 a 1999. *Cad. Saúde Pública*, v. 17, n. 5, p. 1163–1171, set-out 2001.

BESAG, J.; NEWELL, J. The detection of clusters in rare diseases. *Journal of the Royal Statistical Society*, v. 154, p. 143–155, 1991.

CARVALHO, M. S. *Aplicações de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco a saúde*. Tese (Doutorado) — COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 1997. Disponível em: <http://www.procc.fiocruz.br/ carvalho>.

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.

CUZICK, J.; EDWARDS, R. Spatial clustering for inhomogeneous populations. *Journal of the Royal Statistical Society*, B52, p. 73–104, 1990.

DRUCK, S. et al. (Ed.). *Análise espacial de dados geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2004.

GAWRYSZEWSKI, V. P.; KAHN, T.; JORGE, M. H. P. Informações sobre homicídios e sua integração com o setor saúde e segurança pública. *Rev. Saúde Pública*, v. 39, n. 4, p. 627–633, 2005.

GAWRYSZEWSKIA, V. P.; KAHNB, T.; JORGE, M. H. P. M. Informações sobre homicídios e sua integração com o setor saúde e segurança pública. *Revista de Saúde Pública*, v. 39, n. 4, p. 627–633, 2005.

GÓMEZ-RUBIO, V.; FERRÁNDIZ-FERRAGUD, J.; LÓPEZ, A. Detecting clusters of disease with R. *Journal of Geographical Systems*, v. 7, n. 2, p. 189–206, 2005.

GUIMARÃES, J. M. X. et al. Estudo epidemiológico da violência por arma branca no município de porto grande, amapá. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 10, n. 2, Abr/Jun 2005.

HUANG, L. et al. Wheighted normal spatial scan statistics for heterogeneous population data. *Journal of the American Statistica Association*, 2009.

HUANG, L.; KULLDORFF, M.; GREGORIO, D. A spatial scan statistic for survival data. *manuscript*, 2005.

JUNG, I.; KULLDORFF, M.; KLASSEN, A. A spatial scan statistic for ordinal data. *Manuscript*, 2007.

JUNG, I.; KULLDORFF, M.; RICHARD, O. J. A spatial scan statistic for multinomial data. *Manuscript*, 2008.

KNOX, E. G. *Detection of Clusters. In: Methodology of enquiries into disease clustering.* London: Small Area Health Statistics Unit, 1989.

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

KULLDORFF, M. Prospective time-periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. *Journal of the Royal Statistical Society*, A164, p. 61–72, 2001.

KULLDORFF, M. et al. Evaluating cluster alarms: a space-time scan statistic and brain cancer in los alamos. *American Journal of Public Health*, v. 88, p. 1377–1380, 1998.

KULLDORFF, M. et al. A space-time permutation scan statistic for the early detection of desease outbreaks. *PLoS Medicine*, v. 2, p. 216–224, 2005.

KULLDORFF, M.; HUANG, L.; KONTY, K. A spatial scan statistic for normally distributed data. *Manuscript*, 2009.

KULLDORFF, M. et al. An elliptic spatial sacan statistic. *Statistics in Medicine*, v. 25, p. 3929–3943, 2006.

KULLDORFF, M.; INFORMATION MANAGEMENT SERVICES, Inc. *SaTScan v8.0: Software for the spatial and space-time scan statistics.* [S.l.], February 2009. Disponível em: <http://www.satscan.org/>.

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

LUCENA, S. E. F.; MORAES, R. M. Análise do desempenho dos métodos scan e besag e newell para identificação de conglomerados espaciais do dengue no município de joão pessoa entre os meses de janeiro de 2004 e dezembro de 2005. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 15, n. 3, p. 544–561, 2009.

MEDRONHO, R. A. *Epidemiologia.* 2. ed. [S.I.]: Ateneu, 2004.

MOURA, F. R. *Detecção de clusters espaciais via algoritmo scan multi-objetivo.* Dissertação (Mestrado em Estatística) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

NEIL, D. B.; MOORE, A. W.; SABHNANI, M. Morbidity and mortality weekly report. In: _____. [S.l.: s.n.], 2005. v. 54S, cap. Detecting Elongated Disease Clusters, p. 197.

PATIL, G. P.; TALLIE, C. Upper level set scan statistic for detecting arbitrary sahaped hotspots. *Envir Acol Stat*, v. 11, p. 183–197, 2004.

PELLEGRINI, D. C. P. *Análise espaço-temporal da leptospirose no município do Rio de Janeiro (1995-1999)*. Dissertação (Mestrado) — Fundação Oswaldo Cruz, Rio de janeiro, 2001.

PHEBO, L. Brasil: as armas e as vítimas. In: _____. RJ: ISER/ 7 Letras, 2005. cap. Impacto da arma de fogo na saúde da população no Brasil.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2008. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.r-project.org>.

ROTHMAN, K. J.; AND, S. Greenland (Ed.). *Modern Epidemiology*. [S.l.]: Lippincott-Raven, 1998.

SOUZA, I. C. A.; MORAES, R. M. *Utilização de sistemas de informação geográfica na análise espacial de dados de saúde pública na Paraíba entre os anos de 1998 e 2001*. João Pessoa, PB: [s.n.], 2003. Disponível em: <http://www.de.ufpb.br/ẽronei>.

TANGO, T. A test for spatial clustering adjusted for multiple testing. *Statistics in Medicine*, v. 19, p. 191–204, 2000.

TANGO, T.; TAKAHASHI, K. A flexibly shaped spatial scan statistic for detecting clusters. *International Journal of Health Geografics*, v. 4, n. 11, 2005.

WAISELFISZ, J. J. *Mapa da Violência 2010 - Anatomia dos Homicídios no Brasil*. [S.l.], 2010.

ANEXO A – Saídas do SaTScan para homicídios por Arma Branca

Neste capítulo são apresentadas as saídas do *software* SaTScan para os homicídios por arma branca.

A.1 Saídas do SaTScan para o modelo Permutação Espaço-Tempo com 3% da população (2001 a 2005)

```
Program run on: Tue May 25 07:54:41 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Space-Time Permutation model.
------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period.....................: 2001/1/1 - 2005/12/31
Number of locations.............: 66
Total number of cases.........: 41
------------------------------------------------------------
No clusters were found.
All areas scanned had either only one case or an equal or fewer number of cases than expected.
------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Space-Time Permutation
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 3 percent of population at risk
Window Shape : Circular
```

```
---------------
Temporal Window
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
```

A.2 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 3% da população (2001 a 2005)

```
Program run on: Tue May 25 08:11:02 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period...................: 2001/1/1 - 2005/12/31
Number of locations............: 66
Total population...............: 630178
Total number of cases..........: 41
Annual cases / 100000..........: 1.3
-----------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 15, 53
Coordinates / radius..: (7.119180 S, 34.877330 W) / 0.59 km
Time frame.............: 2002/1/1 - 2003/12/31
Population.............: 4586
Number of cases.......: 3
Expected cases........: 0.12
Annual cases / 100000.: 33.0
Observed / expected...: 25.39
Relative risk.........: 27.31
Log likelihood ratio..: 6.924769
Monte Carlo rank......: 41/1000
P-value...............: 0.041
-----------------------------------------------------------------
Analysis
---------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
---------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 3 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
```

```
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

A.3 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 3% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 07:53:15 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period..................: 2006/1/1 - 2009/12/31
Number of locations...........: 64
Total population..............: 684178
Total number of cases.........: 120
Annual cases / 100000.........: 4.4
-----------------------------------------------------------------
1.Location IDs included.: 15, 53, 50
Coordinates / radius..: (7.120841 S, 34.878516 W) / 1.20 km
Time frame............: 2006/1/1 - 2007/12/31
Population............: 18464
Number of cases.......: 15
Expected cases........: 1.59
Annual cases / 100000.: 41.3
Observed / expected...: 9.43
Relative risk.........: 10.63
Log likelihood ratio..: 21.039428
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value...............: 0.001
-----------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 3 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
```

```
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

A.4 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 5% da população (2001 a 2005)

```
Program run on: Tue May 25 07:52:38 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period..................: 2001/1/1 - 2005/12/31
Number of locations...........: 66
Total population..............: 630178
Total number of cases.........: 41
Annual cases / 100000.........: 1.3
-----------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 60, 15, 50, 57, 53
Coordinates / radius..: (7.115340 S, 34.888680 W) / 1.74 km
Time frame............: 2003/1/1 - 2004/12/31
Population............: 29049
Number of cases.......: 6
Expected cases........: 0.76
Annual cases / 100000.: 10.2
Observed / expected...: 7.86
Relative risk.........: 9.04
Log likelihood ratio..: 7.491024
Monte Carlo rank......: 36/1000
P-value...............: 0.036
-----------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 5 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
```

```
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

A.5 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 5% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 07:53:15 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period..................: 2006/1/1 - 2009/12/31
Number of locations...........: 64
Total population..............: 684178
Total number of cases.........: 120
Annual cases / 100000.........: 4.4
-----------------------------------------------------------------
1.Location IDs included.: 15, 53, 50
Coordinates / radius..: (7.120841 S, 34.878516 W) / 1.20 km
Time frame............: 2006/1/1 - 2007/12/31
Population............: 18464
Number of cases.......: 15
Expected cases........: 1.59
Annual cases / 100000.: 41.3
Observed / expected...: 9.43
Relative risk.........: 10.63
Log likelihood ratio..: 21.039428
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value...............: 0.001
-----------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 5 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
```

```
Include Purely Spatial Clusters : No
```

A.6 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 7% da população (2001 a 2005)

```
Program run on: Tue May 25 07:52:57 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period..................: 2001/1/1 - 2005/12/31
Number of locations...........: 66
Total population..............: 630178
Total number of cases.........: 41
Annual cases / 100000.........: 1.3
-----------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 60, 15, 50, 57, 53, 33, 17, 28
Coordinates / radius..: (7.115340 S, 34.888680 W) / 2.47 km
Time frame............: 2003/1/1 - 2004/12/31
Population............: 42894
Number of cases.......: 8
Expected cases........: 1.13
Annual cases / 100000.: 9.2
Observed / expected...: 7.10
Relative risk.........: 8.58
Log likelihood ratio..: 9.435060
Monte Carlo rank......: 8/1000
P-value...............: 0.008
-----------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 7 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
```

```
Include Purely Spatial Clusters : No
```

A.7 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 7% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 07:53:15 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period..................: 2006/1/1 - 2009/12/31
Number of locations...........: 64
Total population..............: 684178
Total number of cases.........: 120
Annual cases / 100000.........: 4.4
-----------------------------------------------------------------
1.Location IDs included.: 15, 53, 50
Coordinates / radius..: (7.120841 S, 34.878516 W) / 1.20 km
Time frame............: 2006/1/1 - 2007/12/31
Population............: 18464
Number of cases.......: 15
Expected cases........: 1.59
Annual cases / 100000.: 41.3
Observed / expected...: 9.43
Relative risk.........: 10.63
Log likelihood ratio..: 21.039428
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value...............: 0.001
-----------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 7 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

A.8 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 10% da população (2001 a 2005)

```
Program run on: Tue May 25 07:53:15 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period...................: 2001/1/1 - 2005/12/31
Number of locations............: 66
Total population...............: 630178
Total number of cases..........: 41
Annual cases / 100000..........: 1.3
-----------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 60, 15, 50, 57, 53, 33, 17, 28
Coordinates / radius..: (7.115340 S, 34.888680 W) / 2.47 km
Time frame.............: 2003/1/1 - 2004/12/31
Population.............: 42894
Number of cases........: 8
Expected cases.........: 1.13
Annual cases / 100000.: 9.2
Observed / expected...: 7.10
Relative risk..........: 8.58
Log likelihood ratio..: 9.435060
Monte Carlo rank......: 8/1000
P-value................: 0.008
-----------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 10 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

A.9 Saída do SaTScan para o modelo Poisson com 10% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 08:09:12 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period...................: 2006/1/1 - 2009/12/31
Number of locations............: 64
Total population...............: 684178
Total number of cases..........: 120
Annual cases / 100000..........: 4.4
-----------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 50, 53, 17, 15, 55, 60, 39
Coordinates / radius..: (7.110165 S, 34.877146 W) / 1.76 km
Time frame.............: 2006/1/1 - 2007/12/31
Population.............: 51013
Number of cases........: 23
Expected cases.........: 4.39
Annual cases / 100000.: 22.9
Observed / expected...: 5.23
Relative risk..........: 6.24
Log likelihood ratio..: 21.046885
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value................: 0.001
-----------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 10 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

ANEXO B – Saídas do SaTScan para homicídios por arma de fogo

Neste capítulo são apresentadas as saídas do *software* SaTScan para os homicídios por Arma de Fogo.

B.1 Saída do SaTScan para o modelo Permutação Espaço-Tempo com 3% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 08:14:48 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Space-Time Permutation model.
------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period...................: 2006/1/1 - 2009/12/31
Number of locations............: 64
Total number of cases.........: 885
------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 41, 12, 52, 54, 46, 3
Coordinates / radius..: (7.121146 S, 34.835283 W) / 1.69 km
Time frame.............: 2009/1/1 - 2009/12/31
Number of cases.......: 16
Expected cases.........: 6.48
Observed / expected...: 2.47
Test statistic.........: 4.991654
Monte Carlo rank......: 12/1000
P-value................: 0.012
------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
```

```
Probability Model       : Space-Time Permutation
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 3 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
```

B.2 Saída do SaTScan para o modelo Permutação Espaço-Tempo com 5% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 08:15:06 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Space-Time Permutation model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period..................: 2006/1/1 - 2009/12/31
Number of locations...........: 64
Total number of cases.........: 885
-----------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 41, 12, 52, 54, 46, 3
Coordinates / radius..: (7.121146 S, 34.835283 W) / 1.69 km
Time frame............: 2009/1/1 - 2009/12/31
Number of cases.......: 16
Expected cases........: 6.48
Observed / expected...: 2.47
Test statistic........: 4.991654
Monte Carlo rank......: 16/1000
P-value...............: 0.016-----------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Space-Time Permutation
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1
--------------
```

```
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 5 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
```

B.3 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Permutação Espaço-Tempo com 7% da população (2001 a 2005)

```
Program run on: Tue May 25 08:01:31 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Space-Time Permutation model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period...................: 2001/1/1 - 2005/12/31
Number of locations............: 66
Total number of cases.........: 363
-----------------------------------------------------------------
No clusters were found.
All areas scanned had either only one case or an equal or fewer number of cases than expected.
-----------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Space-Time Permutation
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 7 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
```

B.4 Saída do SaTScan para o modelo Permutação Espaço-Tempo com 7% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 08:15:21 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Space-Time Permutation model.
-------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period...................: 2006/1/1 - 2009/12/31
Number of locations............: 64
Total number of cases..........: 885
-------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 41, 12, 52, 54, 46, 3
Coordinates / radius..: (7.121146 S, 34.835283 W) / 1.69 km
Time frame.............: 2009/1/1 - 2009/12/31
Number of cases.......: 16
Expected cases........: 6.48
Observed / expected...: 2.47
Test statistic........: 4.991654
Monte Carlo rank......: 20/1000
P-value...............: 0.020----------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Space-Time Permutation
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 7 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
```

B.5 Saída do SaTScan para o modelo Permutação Espaço-Tempo com 10% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 08:15:39 2010

Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Space-Time Permutation model.

-------------------------------------------------------------

SUMMARY OF DATA

Study period...................: 2006/1/1 - 2009/12/31

Number of locations............: 64

Total number of cases..........: 885

-------------------------------------------------------------

MOST LIKELY CLUSTER}

1.Location IDs included.: 41, 12, 52, 54, 46, 3

Coordinates / radius..: (7.121146 S, 34.835283 W) / 1.69 km

Time frame.............: 2009/1/1 - 2009/12/31

Number of cases.......: 16

Expected cases........: 6.48

Observed / expected...: 2.47

Test statistic........: 4.991654

Monte Carlo rank......: 23/1000

P-value...............: 0.023----------------------------------------------------------------

Analysis

--------------

Type of Analysis        : Retrospective Space-Time

Probability Model       : Space-Time Permutation

Scan for Areas with     : High Rates

Time Aggregation Units  : Year

Time Aggregation Length : 1

--------------

Spatial Window

Maximum Spatial Cluster Size : 10 percent of population at risk

Window Shape : Circular

---------------

Temporal Window}

Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
```

B.6 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 3% da população (2001 a 2005)

```
Program run on: Tue May 25 07:58:50 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period..................: 2001/1/1 - 2005/12/31
Number of locations...........: 66
Total population..............: 630178
Total number of cases.........: 363
Annual cases / 100000.........: 11.5
-----------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 15
Coordinates / radius..: (7.119180 S, 34.877330 W) / 0 km
Time frame............: 2005/1/1 - 2005/12/31
Population............: 2286
Number of cases.......: 5
Expected cases........: 0.27
Annual cases / 100000.: 211.6
Observed / expected...: 18.36
Relative risk.........: 18.61
Log likelihood ratio..: 9.855059
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value...............: 0.001

SECONDARY CLUSTERS
2.Location IDs included.: 28
Coordinates / radius..: (7.135380 S, 34.898290 W) / 0 km
Time frame............: 2005/1/1 - 2005/12/31
Population............: 6375
Number of cases.......: 6
Expected cases........: 0.76
Annual cases / 100000.: 91.1
Observed / expected...: 7.90
Relative risk.........: 8.02
Log likelihood ratio..: 7.200957
Monte Carlo rank......: 42/1000
P-value...............: 0.042

3.Location IDs included.: 39
```

```
Coordinates / radius..: (7.105130 S, 34.862050 W) / 0 km
Time frame.....: 2004/1/1 - 2005/12/31
Population.....: 13529
Number of cases.......: 12
Expected cases.....: 3.20
Annual cases / 100000.: 43.2
Observed / expected...: 3.75
Relative risk.....: 3.84
Log likelihood ratio..: 7.166232
Monte Carlo rank......: 44/1000
P-value.....: 0.044
------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 3 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

B.7 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 3% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 08:12:43 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period.....: 2006/1/1 - 2009/12/31
Number of locations.....: 64
Total population.....: 684178
Total number of cases.....: 885
Annual cases / 100000.....: 32.3
-----------------------------------------------------------------
```

MOST LIKELY CLUSTER}

1.Location IDs included.: 39

Coordinates / radius..: (7.104754 S, 34.862103 W) / 0 km

Time frame.....: 2008/1/1 - 2009/12/31

Population.....: 12867

Number of cases.....: 34

Expected cases.....: 8.47

Annual cases / 100000.: 129.8

Observed / expected...: 4.01

Relative risk.....: 4.14

Log likelihood ratio..: 22.102943

Monte Carlo rank.....: 1/1000

P-value.....: 0.001

SECONDARY CLUSTERS

2.Location IDs included.: 51

Coordinates / radius..: (7.106604 S, 34.840358 W) / 0 km

Time frame.....: 2007/1/1 - 2008/12/31

Population.....: 8289

Number of cases.....: 22

Expected cases.....: 5.36

Annual cases / 100000.: 132.6

Observed / expected...: 4.10

Relative risk.....: 4.18

Log likelihood ratio..: 14.571557

Monte Carlo rank.....: 1/1000

P-value.....: 0.001

3.Location IDs included.: 60, 15

Coordinates / radius..: (7.116322 S, 34.888487 W) / 1.21 km

Time frame.....: 2008/1/1 - 2009/12/31

Population.....: 9048

Number of cases.....: 23

Expected cases.....: 5.96

Annual cases / 100000.: 124.9

Observed / expected...: 3.86

Relative risk.....: 3.94

Log likelihood ratio..: 14.200333

Monte Carlo rank.....: 1/1000

P-value.....: 0.001

4.Location IDs included.: 27

Coordinates / radius..: (7.187387 S, 34.883077 W) / 0 km

Time frame.....: 2008/1/1 - 2009/12/31

```
Population.....: 5502
Number of cases.......: 17
Expected cases.....: 3.62
Annual cases / 100000.: 151.8
Observed / expected...: 4.69
Relative risk.....: 4.77
Log likelihood ratio..: 13.012507
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value.............: 0.001

5.Location IDs included.: 17, 55
Coordinates / radius..: (7.104964 S, 34.869956 W) / 0.86 km
Time frame.....: 2008/1/1 - 2009/12/31
Population.....: 15238
Number of cases.......: 25
Expected cases.....: 10.03
Annual cases / 100000.: 80.6
Observed / expected...: 2.49
Relative risk.....: 2.54
Log likelihood ratio..: 7.991851
Monte Carlo rank......: 18/1000
P-value.............: 0.018

6.Location IDs included.: 28
Coordinates / radius..: (7.135294 S, 34.898187 W) / 0 km
Time frame.....: 2007/1/1 - 2008/12/31
Population.....: 6168
Number of cases.......: 14
Expected cases.....: 3.99
Annual cases / 100000.: 113.4
Observed / expected...: 3.51
Relative risk.....: 3.55
Log likelihood ratio..: 7.617173
Monte Carlo rank......: 30/1000
P-value.............: 0.030
------------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
```

Spatial Window

Maximum Spatial Cluster Size : 3 percent of population at risk

Window Shape : Circular

Temporal Window}

Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period

Include Purely Spatial Clusters : No

B.8 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 5% da população (2001 a 2005)

Program run on: Tue May 25 07:59:06 2010

Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.

SUMMARY OF DATA

Study period.....: 2001/1/1 - 2005/12/31

Number of locations.....: 66

Total population.....: 630178

Total number of cases.....: 363

Annual cases / 100000.....: 11.5

MOST LIKELY CLUSTER}

1.Location IDs included.: 15

Coordinates / radius..: (7.119180 S, 34.877330 W) / 0 km

Time frame.....: 2005/1/1 - 2005/12/31

Population.....: 2286

Number of cases.....: 5

Expected cases.....: 0.27

Annual cases / 100000.: 211.6

Observed / expected...: 18.36

Relative risk.....: 18.61

Log likelihood ratio..: 9.855059

Monte Carlo rank.....: 5/1000

P-value.....: 0.005

SECONDARY CLUSTERS

2.Location IDs included.: 39, 55, 17

Coordinates / radius..: (7.105130 S, 34.862050 W) / 0.89 km

Time frame.....: 2004/1/1 - 2005/12/31

Population.....: 29310

Number of cases.....: 20

```
Expected cases........: 6.94
Annual cases / 100000.: 33.2
Observed / expected...: 2.88
Relative risk.........: 2.99
Log likelihood ratio..: 8.359876
Monte Carlo rank......: 20/1000
P-value...............: 0.020

3.Location IDs included.: 28
Coordinates / radius..: (7.135380 S, 34.898290 W) / 0 km
Time frame............: 2005/1/1 - 2005/12/31
Population............: 6375
Number of cases.......: 6
Expected cases........: 0.76
Annual cases / 100000.: 91.1
Observed / expected...: 7.90
Relative risk.........: 8.02
Log likelihood ratio..: 7.200957
Monte Carlo rank......: 61/1000
P-value...............: 0.061
------------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 5 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

B.9 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 5% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 08:13:00 2010
```

Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.

SUMMARY OF DATA

Study period.....: 2006/1/1 - 2009/12/31

Number of locations.....: 64

Total population.....: 684178

Total number of cases.....: 885

Annual cases / 100000.....: 32.3

MOST LIKELY CLUSTER

1.Location IDs included.: 17, 55, 39

Coordinates / radius..: (7.104964 S, 34.869956 W) / 0.87 km

Time frame.....: 2008/1/1 - 2009/12/31

Population.....: 28105

Number of cases.....: 59

Expected cases.....: 18.50

Annual cases / 100000.: 103.1

Observed / expected...: 3.19

Relative risk.....: 3.35

Log likelihood ratio..: 28.891209

Monte Carlo rank.....: 1/1000

P-value.....: 0.001

SECONDARY CLUSTERS

2.Location IDs included.: 51

Coordinates / radius..: (7.106604 S, 34.840358 W) / 0 km

Time frame.....: 2007/1/1 - 2008/12/31

Population.....: 8289

Number of cases.....: 22

Expected cases.....: 5.36

Annual cases / 100000.: 132.6

Observed / expected...: 4.10

Relative risk.....: 4.18

Log likelihood ratio..: 14.571557

Monte Carlo rank.....: 1/1000

P-value.....: 0.001

3.Location IDs included.: 60, 15

Coordinates / radius..: (7.116322 S, 34.888487 W) / 1.21 km

Time frame.....: 2008/1/1 - 2009/12/31

Population.....: 9048

Number of cases.....: 23

Expected cases.....: 5.96

Annual cases / 100000.: 124.9

```
Observed / expected...: 3.86
Relative risk.........: 3.94
Log likelihood ratio..: 14.200333
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value...............: 0.001

4.Location IDs included.: 27
Coordinates / radius..: (7.187387 S, 34.883077 W) / 0 km
Time frame............: 2008/1/1 - 2009/12/31
Population............: 5502
Number of cases.......: 17
Expected cases........: 3.62
Annual cases / 100000.: 151.8
Observed / expected...: 4.69
Relative risk.........: 4.77
Log likelihood ratio..: 13.012507
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value...............: 0.001

5.Location IDs included.: 28, 5
Coordinates / radius..: (7.135294 S, 34.898187 W) / 1.45 km
Time frame............: 2007/1/1 - 2008/12/31
Population............: 23597
Number of cases.......: 35
Expected cases........: 15.27
Annual cases / 100000.: 74.1
Observed / expected...: 2.29
Relative risk.........: 2.35
Log likelihood ratio..: 9.526132
 Monte Carlo rank......: 5/1000
P-value...............: 0.005
------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 5 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
```

Temporal Window}

Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period

Include Purely Spatial Clusters : No

B.10 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 7% da população (2001 a 2005)

Program run on: Tue May 25 07:59:26 2010

Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.

SUMMARY OF DATA

Study period.....: 2001/1/1 - 2005/12/31

Number of locations.....: 66

Total population.....: 630178

Total number of cases.....: 363

Annual cases / 100000.....: 11.5

MOST LIKELY CLUSTER}

1.Location IDs included.: 60, 15, 50, 57, 53, 33, 17, 28

Coordinates / radius..: (7.115340 S, 34.888680 W) / 2.47 km

Time frame.....: 2005/1/1 - 2005/12/31

Population.....: 42894

Number of cases.....: 22

Expected cases.....: 5.11

Annual cases / 100000.: 49.6

Observed / expected...: 4.31

Relative risk.....: 4.52

Log likelihood ratio..: 15.638109

Monte Carlo rank.....: 1/1000

P-value.....: 0.001

SECONDARY CLUSTERS

2.Location IDs included.: 62, 22, 8, 37, 18

Coordinates / radius..: (7.177410 S, 34.917700 W) / 2.33 km

Time frame.....: 2004/1/1 - 2005/12/31

Population.....: 33008

Number of cases.....: 23

Expected cases.....: 7.81

Annual cases / 100000.: 33.9

Observed / expected...: 2.94

Relative risk.....: 3.08

Log likelihood ratio..: 9.981189

```
Monte Carlo rank......: 6/1000
P-value..............: 0.006
------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 7 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

B.11 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 7% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 08:13:19 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period..................: 2006/1/1 - 2009/12/31
Number of locations...........: 64
Total population..............: 684178
Total number of cases.........: 885
Annual cases / 100000.........: 32.3
------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 17, 55, 39
Coordinates / radius..: (7.104964 S, 34.869956 W) / 0.87 km
Time frame............: 2008/1/1 - 2009/12/31
Population............: 28105
Number of cases.......: 59
Expected cases........: 18.50
Annual cases / 100000.: 103.1
Observed / expected...: 3.19
```

Relative risk.....: 3.35

Log likelihood ratio..: 28.891209

Monte Carlo rank.....: 1/1000

P-value.....: 0.001

SECONDARY CLUSTERS

2.Location IDs included.: 51i

Coordinates / radius..: (7.106604 S, 34.840358 W) / 0 km

Time frame.....: 2007/1/1 - 2008/12/31

Population.....: 8289

Number of cases.....: 22

Expected cases.....: 5.36

Annual cases / 100000.: 132.6

Observed / expected...: 4.10

Relative risk.....: 4.18

Log likelihood ratio..: 14.571557

Monte Carlo rank.....: 1/1000

P-value.....: 0.001

3.Location IDs included.: 60, 15

Coordinates / radius..: (7.116322 S, 34.888487 W) / 1.21 km

Time frame.....: 2008/1/1 - 2009/12/31

Population.....: 9048

Number of cases.....: 23

Expected cases.....: 5.96

Annual cases / 100000.: 124.9

Observed / expected...: 3.86

Relative risk.....: 3.94

Log likelihood ratio..: 14.200333

Monte Carlo rank.....: 1/1000

P-value.....: 0.001

4.Location IDs included.: 27

Coordinates / radius..: (7.187387 S, 34.883077 W) / 0 km

Time frame.....: 2008/1/1 - 2009/12/31

Population.....: 5502

Number of cases.....: 17

Expected cases.....: 3.62

Annual cases / 100000.: 151.8

Observed / expected...: 4.69

Relative risk.....: 4.77

Log likelihood ratio..: 13.012507

Monte Carlo rank.....: 1/1000

P-value.....: 0.001

```
5.Location IDs included.: 28, 5
Coordinates / radius..: (7.135294 S, 34.898187 W) / 1.45 km
Time frame.....: 2007/1/1 - 2008/12/31
Population.....: 23597
Number of cases.......: 35
Expected cases........: 15.27
Annual cases / 100000.: 74.1
Observed / expected...: 2.29
Relative risk.........: 2.35
Log likelihood ratio..: 9.526132
Monte Carlo rank......: 7/1000
P-value...............: 0.007

6.Location IDs included.: 37, 43
Coordinates / radius..: (7.163315 S, 34.908367 W) / 1.35 km
Time frame.....: 2007/1/1 - 2008/12/31
Population.....: 42765
Number of cases.......: 53
Expected cases........: 27.67
Annual cases / 100000.: 61.9
Observed / expected...: 1.92
Relative risk.........: 1.97
Log likelihood ratio..: 9.490444
Monte Carlo rank......: 7/1000
P-value...............: 0.007
------------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 7 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

B.12 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 10% da população (2001 a 2005)

```
Program run on: Tue May 25 07:59:45 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period...................: 2001/1/1 - 2005/12/31
Number of locations............: 66
Total population...............: 630178
Total number of cases..........: 363
Annual cases / 100000..........: 11.5
-----------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 60, 15, 50, 57, 53, 33, 17, 28
Coordinates / radius..: (7.115340 S, 34.888680 W) / 2.47 km
Time frame.............: 2005/1/1 - 2005/12/31
Population.............: 42894
Number of cases........: 22
Expected cases.........: 5.11
Annual cases / 100000.: 49.6
Observed / expected...: 4.31
Relative risk..........: 4.52
Log likelihood ratio..: 15.638109
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value................: 0.001

SECONDARY CLUSTERS
2.Location IDs included.: 62, 22, 8, 37, 18
Coordinates / radius..: (7.177410 S, 34.917700 W) / 2.33 km
Time frame.............: 2004/1/1 - 2005/12/31
Population.............: 33008
Number of cases........: 23
Expected cases.........: 7.81
Annual cases / 100000.: 33.9
Observed / expected...: 2.94
Relative risk..........: 3.08
Log likelihood ratio..: 9.981189
Monte Carlo rank......: 7/1000
P-value................: 0.007
-----------------------------------------------------------------
Analysis
```

```
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 10 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

B.13 Saída do SaTScan para os homicídios por arma de fogo usando o modelo Poisson com 10% da população (2006 a 2009)

```
Program run on: Tue May 25 08:13:43 2010
Retrospective Space-Time analysis scanning for clusters with high rates using the Discrete Poisson model.
-----------------------------------------------------------------
SUMMARY OF DATA
Study period...................: 2006/1/1 - 2009/12/31
Number of locations............: 64
Total population...............: 684178
Total number of cases..........: 885
Annual cases / 100000..........: 32.3
-----------------------------------------------------------------
MOST LIKELY CLUSTER}
1.Location IDs included.: 50, 53, 17, 15, 55, 60, 39
Coordinates / radius..: (7.110165 S, 34.877146 W) / 1.76 km
Time frame.............: 2008/1/1 - 2009/12/31
Population.............: 51013
Number of cases........: 90
Expected cases.........: 33.58
Annual cases / 100000.: 86.7
Observed / expected...: 2.68
Relative risk..........: 2.87
Log likelihood ratio..: 34.228161
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value................: 0.001
```

```
SECONDARY CLUSTERS
2.Location IDs included.: 5, 28, 43
Coordinates / radius..: (7.137313 S, 34.911218 W) / 2.61 km
Time frame.....: 2007/1/1 - 2008/12/31
Population.....: 53435
Number of cases.......: 71
Expected cases.....: 34.58
Annual cases / 100000.: 66.4
Observed / expected...: 2.05
Relative risk.....: 2.15
Log likelihood ratio..: 15.449408
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value.....: 0.001

3.Location IDs included.: 51
Coordinates / radius..: (7.106604 S, 34.840358 W) / 0 km
Time frame.....: 2007/1/1 - 2008/12/31
Population.....: 8289
Number of cases.......: 22
Expected cases.....: 5.36
Annual cases / 100000.: 132.6
Observed / expected...: 4.10
Relative risk.....: 4.18
Log likelihood ratio..: 14.571557
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value.....: 0.001

4.Location IDs included.: 27
Coordinates / radius..: (7.187387 S, 34.883077 W) / 0 km
Time frame.....: 2008/1/1 - 2009/12/31
Population.....: 5502
Number of cases.......: 17
Expected cases.....: 3.62
Annual cases / 100000.: 151.8
Observed / expected...: 4.69
Relative risk.....: 4.77
Log likelihood ratio..: 13.012507
Monte Carlo rank......: 1/1000
P-value.....: 0.001
------------------------------------------------------------------
Analysis
--------------
Type of Analysis        : Retrospective Space-Time
```

```
Probability Model       : Discrete Poisson
Scan for Areas with     : High Rates
Time Aggregation Units  : Year
Time Aggregation Length : 1}
--------------
Spatial Window
Maximum Spatial Cluster Size : 10 percent of population at risk
Window Shape : Circular
---------------
Temporal Window}
Maximum Temporal Cluster Size : 50 percent of study period
Include Purely Spatial Clusters : No
```

ANEXO C – Exemplo de (Script) do R para obteção dos mapas apresentados

Os comandos a seguir são um exemplo dos códigos aplicados no *software* R para obtenção dos mapas de contagem, de risco e das saídas do SaTScan.

```
# *** Mapas de Contagem ***

### 2001 a 2005 ###

# Carregar pacote DCluster
require(DCluster)

# Importar mapa
mapa=read.shape('H:/Monografia/shapes_jp_antigo/bairros_jp.shp')

# Importar centroides
cent=read.csv2('H:/Monografia/dados/centroides01-05.csv')

# Importar dados
dados=read.csv2('H:/Monografia/saidas_satscan/saidas0105.csv')

# Associar códigos dos bairros ao mapa
mapa = Map2poly(mapa, as.character(cent$cod))

# Branca Poisson 3%
# Selecionar coluna de variáveis para gerar mapa
var = dados$b0105poi3

# Criar intervalo de classes
classes = c(-Inf,0.01,1.01)
```

```
# Criar legenda
legenda = c('','1')

# Definir as cores para as classes (mÃ¡ximo sete)
cores = c("#FFFFFF","#E6A925", "#B07B09", "#865B00", "#593D00")

# Desenhar mapa coroplético com as classes e cores
plot(mapa, xlab="Longitude", ylab="Latitude", col=cores[findInterval
(var, classes, all.inside=TRUE)], forcefill=FALSE, ylim= c(-7.255,
-7.055), xlim= c(-34.97, -34.8))

# Desenhar a legenda no mapa no canto inferior direito
legend('topleft', legend=legenda, fill=cores, bty="n")

# Desenhar legenda da Reserva Florestal
legend(x="bottomleft", legend=c("Reserva Florestal"), fill="green4", bty="n")

# Salvar mapa gerado no diretório H:/Monografia/mapas/satscan/
dev.print(png,filename="H:/Monografia/mapas/satscan/branca0105_poisson03.png",
width=532, height=540)
```