



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELOS DE DECISÃO E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA**

FREDERICO FÁVARO RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO
ESPACIAL DA TUBERCULOSE NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB**

**JOÃO PESSOA – PB
2014**

FREDERICO FÁVARO RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO
ESPACIAL DA TUBERCULOSE NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde do Departamento de Estatística, Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba, para obtenção do título de Mestre em Modelos de Decisão e Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Ronei Marcos de Moraes

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Pinheiro de Toledo Vianna

**JOÃO PESSOA – PB
2014**

R484a Ribeiro, Frederico Fávaro.

Avaliação das variações climáticas sobre a distribuição espacial da tuberculose no município de João Pessoa-PB / Frederico Fávaro Ribeiro.-- João Pessoa, 2014.

135f. : il.

Orientadores: Ronei Marcos de Moraes, Rodrigo Pinheiro
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN

1. Tuberculose. 2. Gestão em saúde. 3. Análise espacial.
4. Análise temporal. 5. Lógica *fuzzy* .

UFPB/BC

CDU: 616-002.5(043)

FREDERICO FÁVARO RIBEIRO

AVALIAÇÃO DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL
DA TUBERCULOSE NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB

Aprovado em ____ de _____ de ____

BANCA EXAMINADORA

Ronei Marcos de Moraes
Orientador – UFPB

Rodrigo Pinheiro de Toledo Vianna
Orientador – UFPB

Sérgio Ribeiro dos Santos
Examinador – UFPB

Tatiene Correia de Souza
Examinadora – UFPB

Benjamin Rene Callejas Bedregal
Examinador – UFRN

Dedicatória

Aos meus pais e irmão, Silvio, Syuzan e Silvio por me fornecerem toda a condição que me fez ser quem sou hoje. A minha vó, Nadir, por me apoiar e sempre acreditar que eu posso ir cada vez mais longe. E a minha namorada, Bruna, que sempre esteve ao meu lado, tanto nos momentos bons e de alegria como nos difíceis, sempre me apoiando e dando forças para seguir em frente.

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Ronei Marcos de Moraes e Rodrigo Pinheiro de Toledo Vianna, pelo apoio e ensinamentos fornecidos durante o mestrado. Aos companheiros de laboratório, Danielly Cristina de Souza Costa, Jodavid de Araújo Ferreira, Wanessa Weridiana da Luz Freitas, Rafael Grigório Silva Gomes, Laisa Ribeiro de Sá e Joabson Gomes Rodrigues que me acompanharam e me auxiliaram em todos os momentos no desenvolvimento da pesquisa. E a CAPES pelo apoio financeiro, que foi fundamental para o andamento da pesquisa.

RESUMO

O trabalho teve como objetivo propor um modelo de tomada de decisão que auxilie os gestores de saúde nas ações relacionadas ao controle da Tuberculose no município de João Pessoa-PB. Trata-se de um estudo quantitativo, ecológico, exploratório e transversal, fazendo uso de dados secundários dos casos de Tuberculose e do clima do município de João Pessoa durante o período de 2000 a 2012. A análise espacial e espaço-temporal foi realizada mediante a criação de mapas de risco relativo, Scan espacial e espaço-temporal. A correlação de Spearman foi usada para medir o grau de associação entre a taxa de incidência de Tuberculose e as variáveis climáticas. Com os resultados obtidos, foi elaborado um modelo de decisão baseado em lógica *fuzzy*. Não foi observado tendência ou sazonalidade nas taxas de incidência. A análise espacial detectou conglomerados espaciais de alto risco na região norte em praticamente todos os meses, indicando a existência de uma barreira geográfica na região. Na análise espaço-temporal foram detectados 12 conglomerados significativos. Com a análise de correlação, verificou-se que as variáveis climáticas não exerciam influência sobre a Tuberculose em João Pessoa-PB. O modelo de decisão baseado em lógica *fuzzy* foi capaz de classificar os graus de prioridade para tuberculose no município de João Pessoa-PB. Espera-se que esses resultados auxiliem os gestores de saúde a direcionar suas ações para o controle da Tuberculose de acordo com a realidade encontrada no município, além disso, o modelo foi construído de forma a ser utilizado também, para outras localidades e períodos de tempo.

Palavras chave: Tuberculose; Análise espacial; Clima; Lógica *fuzzy*

ABSTRACT

The research aimed to propose a model of decision making that can assist managers in health to take actions for tuberculosis control in João Pessoa. The study was quantitative, ecological, exploratory and cross-sectional, using secondary data from cases of tuberculosis and climate of João Pessoa during the period of 2000-2012. The spatial and spatio-temporal analysis was performed by creating maps of relative risk, spatial and space-time scan. The Spearman correlation was used to measure the degree of association between the incidence rate of tuberculosis and climate variables. The spatial and spatio-temporal analysis was performed by creating maps of relative risk, spatial and space-time scan. The Spearman correlation was used to measure the degree of association between the incidence rate of tuberculosis and climate variables. With the results obtained, a decision model based on fuzzy logic was developed. No trend or seasonality in incidence rates was observed. The spatial analysis detected spatial clusters of high risk in the northern region in almost all months, indicating the existence of a geographical barrier in the region. In spatio-temporal analysis, was detected 12 significant spatio-temporal clusters. With the correlation analysis, found that climatic variables did not exert influence on tuberculosis. The decision model based on fuzzy logic was able to classify accurately the degree of priority for tuberculosis in João Pessoa, supporting health managers to direct their actions to control tuberculosis according to the actual situation of the municipality, in addition the model was constructed to also be used for other places and time periods.

Keywords: Tuberculosis; Spatial analysis; Weather; Fuzzy logic

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa elaborado por John Snow, contendo a localização dos casos de cólera (ponto) e a localização das bombas de água (x) (Londres, século XVII).	18
Figura 2: Estrutura de um Sistema de Informação Geográfica	20
Figura 3: Mapa do município de João Pessoa-PB.....	24
Figura 4: Estrutura proposta por Mamdani para sistemas especialistas baseados em lógica Fuzzy.	36
Figura 5: Taxa de incidência por 10000 habitantes, dos casos diagnosticados de Tuberculose em João Pessoa no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2012 (n = 4358).	40
Figura 6: Curva epidêmica de Tuberculose para João Pessoa-PB.....	41
Figura 7: Mapa de João Pessoa com divisão de bairros	42
Figura 8: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em de janeiro de 2002	43
Figura 9: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em agosto de 2003	44
Figura 10: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em julho de 2004.....	44
Figura 11: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em agosto de 2005.....	45
Figura 12: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em agosto de 2006.....	46
Figura 13: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em agosto de 2007.....	46
Figura 14: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em abril de 2008	47
Figura 15: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em maio de 2009.....	48
Figura 16: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em julho de 2010.....	48
Figura 17: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em março de 2011	49

Figura 18: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em outubro de 2012	50
Figura 19: Mapa Scan espaço-temporal de João Pessoa durante o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2006.	51
Figura 20: Mapa Scan espaço-temporal de João Pessoa durante o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2012.	51
Figura 21: Função de pertinência para a variável linguística risco relativo.	56
Figura 22: Função de pertinência para a variável linguística tempo de conglomerado espaço-temporal.	56
Figura 23: Função de pertinência para a variável linguística correlação de Spearman.	56
Figura 24: Função de pertinência para a variável linguística grau de prioridade.	57
Figura 25: Função de pertinência para a variável linguística persistência do conglomerado espaço-temporal.	57
Figura 26: Função de pertinência para a variável linguística Scan espacial.	57
Figura 27: Função de pertinência para a variável linguística Scan espaço-temporal.	57
Figura 28: Resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado ao bairro do Bessa em dezembro de 2013.....	59
Figura 29: Resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado ao bairro do Padre Zé em outubro de 2007.....	59
Figura 30: Resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado ao bairro do Centro em dezembro de 2013.....	60
Figura 31: Resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado ao bairro do Mandacaru em outubro de 2007.	60
Figura 32: Mapa com os resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado aos bairros de João Pessoa em outubro de 2007.	61
Figura 33: Mapa com os resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado aos bairros de João Pessoa em dezembro de 2012.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais operadores de intersecção e união.....	35
Tabela 2: Tabela de decisão.....	38
Tabela 2: Número de casos e taxa de incidência por 10000 habitantes durante o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2012.....	33
Tabela 3: Número de casos e taxa de incidência por 10000 habitantes durante o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2012 (n = 4358).....	39
Tabela 4: Dados usados para a construção da curva epidêmica de Tuberculose para João Pessoa-PB.....	41
Tabela 5: Conglomerados espaço-temporais significativos para Tuberculose no município de João Pessoa durante o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2006.....	52
Tabela 6: Conglomerados espaço-temporais significativos para Tuberculose no município de João Pessoa durante o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2012.....	52
Tabela 7: Teste de correlação de Spearman – Taxa de incidência de Tuberculose por 10000 habitantes versus variáveis climáticas.....	53
Tabela 8: Descrição das variáveis linguísticas usadas no modelo de decisão baseado em lógica <i>fuzzy</i>	55

SUMÁRIO

1 Introdução	12
2 Objetivos	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 Referencial teórico	15
3.1 Efeitos do clima sobre a Tuberculose	15
3.2 Geoprocessamento e saúde	18
3.2.1 Conceitos básicos	19
4 Metodologia	23
4.1 Caracterização do estudo	23
4.2 Coleta dos dados	24
4.2.1 Casos de Tuberculose e informação da população residente	24
4.2.2 Dados climáticos	25
4.3 Teste de normalidade	26
4.4 Mapas de risco relativo	27
4.5 Detecção de conglomerados espaciais	28
4.6 Correlação de Spearman	32
4.7 Modelo de tomada de decisão	34
4.7.1 Lógica Fuzzy	34
4.8 Aspectos Éticos	38
5 Resultados	39
5.1 Análise descritiva dos dados de Tuberculose	39
5.2 Análise espacial	41
5.3 Análise espaço-temporal dos dados	50
5.4 Correlação de Spearman	53
5.5 Modelo de decisão baseado em lógica <i>fuzzy</i>	54

6 Discussão	62
6.1 Contribuições e limitações da pesquisa	64
7 Conclusão	65
8. Referencias Bibliográficas	66
9. Anexos.....	75
9.1 Processo da Gerência de Educação na Saúde.....	75
9.2 Mapas de risco relativo.....	76
9.3 Mapas Scan espacial.....	99
9.4 Regras <i>Fuzzy</i>	122

1 INTRODUÇÃO

A Tuberculose é uma doença infecciosa com ampla distribuição mundial. Possui alta incidência e mortalidade, apesar de ser passível de prevenção e tratamento de forma eficiente, situação essa resultante do abandono do tratamento, surgimento de cepas resistentes, da epidemia do HIV e das condições socioeconômicas desfavoráveis, que atuam dificultando o controle da Tuberculose, uma vez que prejudicam o tratamento, aumenta a susceptibilidade e a vulnerabilidade (BRASIL, 2009a; HINO et al., 2007; PAIXÃO; GONTIJO, 2007; VENDRAMINI et al., 2010).

O Brasil, juntamente com 21 países, são responsáveis por 80% de todos os casos mundiais de Tuberculose. Estimativas, mostram que no Brasil mais de 50 milhões de indivíduos estão infectados, e que 80 mil novos casos e 4 a 5 mil óbitos ocorrem por ano, situação essa que caracteriza a Tuberculose como prioridade entre as políticas governamentais de saúde do país (BRASIL, 2002a; 2002b; 2009a).

Durante o período de 2007 a 2011, o estado da Paraíba ficou na 18ª posição no ranque dos estados brasileiros mais acometidos pela Tuberculose, apresentando um total de 6803 casos notificados, dos quais 195 vieram a óbito (SINAN, 2013), representando uma taxa de incidência de 36,34 casos por 100000 habitantes e taxa de mortalidade de 1,04 óbitos por 100000 habitantes.

O Ministério da Saúde classificou seis municípios da Paraíba como prioritários para o controle da Tuberculose, são eles: Cajazeiras, Patos, Campina Grande, Santa Rita, Bayeux e João Pessoa, tendo este último, maior destaque não apenas por ser a capital do estado, mas por concentrar o maior número de casos de Tuberculose entre os municípios da Paraíba nos últimos 10 anos (SINAN, 2013; RUFFINO-NETO; VILLA, 2006).

De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde (BRASIL, 2008), é conhecido que o clima possui uma estreita relação com algumas doenças sendo de grande importância a elaboração de modelos capazes de relacionar o clima com os eventos de saúde.

Desde o período pré-antibiótico pesquisadores tem estudado o efeito do clima sobre a Tuberculose, como pode ser observado na tese de Dias (1920) que avaliou os efeitos das condições climáticas, bem como tipos de clima na cura ou na melhoria de vida de indivíduos com Tuberculose.

Mais recentemente, várias pesquisas foram realizadas observado a existência de associação entre condições climáticas e os casos de Tuberculose, em especial as variações sazonais, como os estudos realizados por Douglas, Strachan e Maxwell (1996) e Leung et al. (2005), os quais verificaram picos nos casos de Tuberculose no verão do Reino Unido e Hong Kong respectivamente, resultado esse similar ao obtido por Liu, Zhao e Zhou (2010) que também observaram picos nos casos notificados de Tuberculose pulmonar no final da primavera e verão na China. Já Kongchouy et al. (2010) obteve picos de casos notificados na Tailândia no inverno. Willis et al. (2012) observaram picos de casos Tuberculose nas primaveras dos Estados Unidos da América.

Contudo, nenhum estudo foi além da associação da sazonalidade da Tuberculose com as estações do ano, deixando em aberto questões como “Quais variáveis climáticas estariam influenciando a Tuberculose?” ou “Como se dá o funcionamento dessa relação entre a Tuberculose e o clima?”. Dessa forma, é importante o desenvolvimento de pesquisas mais detalhadas, fazendo uso de dados climáticos, como a precipitação, radiação solar ou temperatura, permitindo assim, o conhecimento exato de como o clima poderia estar influenciando o quadro da Tuberculose. Logo, estudos que analisem a distribuição espacial dos casos de Tuberculose, associando com a distribuição de variáveis climáticas, pode ter notória contribuição para a elaboração de um modelo de tomada de decisão em saúde que seja capaz de atuar no controle da Tuberculose. Aliado a isso, pouco se sabe quanto o efeito do clima sobre a Tuberculose no Brasil e muito menos a realidade de municípios como o de João Pessoa. Dessa forma, sentimos a necessidade de verificar a existência de relação na distribuição espacial dos casos de Tuberculose em João Pessoa com variáveis climáticas e assim elaborar um modelo de apoio à tomada de decisão voltado às necessidades do município.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Propor um modelo de tomada de decisão com fundamentação científica capaz de determinar os bairros prioritários e não prioritários para poder direcionar as ações de saúde no controle da Tuberculose.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar os bairros com maior risco relativo de Tuberculose;
- Identificar a existência de conglomerados espaciais e espaço-temporais significativos para os casos de Tuberculose;
- Investigar os efeitos da variação climática sobre a distribuição dos casos de Tuberculose e determinar quais variáveis climáticas estariam causando tal efeito;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Efeitos do clima sobre a Tuberculose

Desde o princípio, a Terra sempre sofreu com eventos de mudanças climáticas oriundos de alterações no eixo de rotação da terra, explosões solares e dispersão de aerossóis emitidos por vulcões, eventos esses gerados por causas naturais, entretanto, o crescimento populacional, a urbanização, e principalmente, o processo de industrialização com consequente aumento do consumo de recursos naturais e demanda dos ciclos biogeoquímicos, vêm causando grande impacto sobre o clima, estimando-se que o aquecimento global ocorrido nos últimos 50 anos tenha sido proveniente dessas ações antrópicas (BRASIL, 2008). Com base nisso pode-se definir as mudanças climáticas como qualquer alteração do clima no decorrer dos anos, podendo essa variação ser de origem natural ou antrópica (BRASIL, 2008).

O clima possui um ciclo de variação anual relativamente conhecido definido pela sazonalidade, alterando entre estações quentes e frias ou secas e úmidas. Contudo, em alguns períodos esse ciclo é quebrado por fenômenos climáticos como o El Niño e La Niña.

Como já mencionado, apesar das mudanças climáticas serem eventos naturais, o efeito estufa gerado pela liberação exacerbada de CO₂ na atmosfera por meio do nosso estilo de vida, atua como um intensificador tanto em escalas globais como locais. No Brasil, por exemplo, o evento El Niño mais intenso, causa secas nas regiões Norte e Nordeste enquanto causa enchentes no Sul e Sudeste, temos ainda redução do índice pluviométrico no Nordeste, aumento de vazões de rios no Sul, e modificações graves nos ambientes de mangue, no Pantanal e na Floresta Amazônica (BRASIL, 2008).

A relação das mudanças climáticas e seu impacto na saúde é muito complexa exigindo uma abordagem interdisciplinar, que incluem Médicos, Enfermeiros, Biólogos, Climatologistas e Cientistas sociais para assim conseguir avaliar as relações entre as esferas socioeconômicas, biológicas, ecológicas e físicas com o clima (BRASIL, 2009b).

A saúde humana pode ser afetada de forma direta ou indireta pelo clima. A forma direta está relacionada com os danos à saúde ocasionados por ondas de calor ou eventos extremos como furacões e inundações. Já a forma indireta está associada

a modificações dos ecossistemas e de ciclos biogeoquímicos que venham a acarretar um aumento da desnutrição, doenças mentais, problemas respiratórios e de intoxicação, além de influir sobre a incidência de doenças infecciosas (BRASIL, 2008, 2009b).

As mudanças da temperatura contribuem para que alguns microrganismos consigam alcançar áreas além de suas fronteiras geográficas naturais e também afetam na distribuição de vetores de doenças como a malária, dengue e a febre amarela. As enchentes provocadas pela vazão de rios, chuva excessiva e a impermeabilização do solo, contribuem para o aumento da incidência de doenças infecciosas por veiculação hídrica como a cólera, esquistossomose e leptospirose (BRASIL, 2008, 2009b).

Segundo o Ministério da Saúde, no Brasil, a distribuição da Tuberculose está relacionada com as questões socioeconômicas e sanitárias, onde a pobreza, desnutrição e a falta de acesso ao diagnóstico e tratamento inviabilizam o controle da doença (BRASIL, 2009a).

A preocupação de avaliar o efeito do clima sobre a Tuberculose vem sendo estudado desde o período pré-antibiótico. Dias (1920) traz em sua tese uma avaliação completa dos efeitos de algumas condições climáticas sobre a Tuberculose bem como de alguns tipos de clima que poderiam atuar na cura ou na melhoria de vida de indivíduos infectados sintomáticos.

Nos últimos anos, novos estudos foram realizados observando a existência de associação entre as condições climáticas e os casos de Tuberculose, em especial os efeitos sazonais ocasionados pelo clima. Em seu estudo, Liu, Zhao e Zhou (2010) verificaram picos nos casos notificados de Tuberculose pulmonar no final da primavera e verão na China. Douglas, Strachan e Maxwell (1996) e Leung et al. (2005), também obtiveram picos nos casos de Tuberculose no verão do Reino Unido e Hong Kong respectivamente. Já Kongchouy et al. (2010) obteve picos de casos notificados na Tailândia no inverno. Willis et al. (2012) observaram picos de casos Tuberculose nas primaveras dos Estados Unidos da América. Resultado semelhante foi observado por Atun et al. (2005) também observando picos de casos no inverno.

Apesar da quantidade considerável de pesquisas realizadas em vários países, a grande maioria possui a mesma falha. Eles apenas consideram o período referente as estações do ano (primavera, verão, outono e inverno), não realizando um estudo mais aprofundado relacionando as variáveis climáticas como a temperatura, nível de

radiação e velocidade e direção do vento, uma vez que a localização (latitude, longitude e altitude) da área estudada afeta consideravelmente essas variáveis, ou seja, o período de inverno em um determinado local, possui características climáticas completamente diferentes do inverno de um outro local. Além disso, até então nenhum estudo dessa magnitude foi realizado no Brasil, avaliando os efeitos sazonais no quadro da Tuberculose.

Os motivos que explicam essa relação ainda não foram muito bem elucidada, mas algumas teorias foram elaboradas para tentar explicar a associação.

- **Variação nas taxas de Vitamina D:** Sabe-se que a vitamina D está relacionada com o sistema imune contra o *Mycobacterium tuberculosis*, com a deficiência dessa vitamina, aumentaria a susceptibilidade da doença. O processo de síntese da vitamina ocorre no corpo humano, iniciando o processo na pele, necessitando dos raios ultravioletas provenientes da luz solar que atuam como catalizador na síntese (ARNEDO-PENA et al, 2011; BOWONG; KURTHS, 2012; NARANBAT et al, 2009; SANTOS et al., 2012).
- **Condições do inverno:** Para nos proteger das baixas temperaturas, tendemos a cobrir nosso corpo com vestimentas, impedindo que a radiação solar atinja a pele, e a nos agrupar em locais fechados e com pouca ventilação o que propicia a exposição do indivíduo ao patógeno. Essa teoria vem caindo em desuso, devido ao fato de a infecção estar mais associada a oscilação de vitamina D, e além disso, pesquisas vem mostrando picos de casos ocorrendo não só no inverno, mas também no verão e primavera (BOWONG; KURTHS, 2012; SANTOS et al., 2012).
- **Infecções associadas:** Outras infecções podem causar alguma deficiência imunitária o que leva o indivíduo a ter uma predisposição a uma infecção primária ou reinfecção ou ainda reativação da Tuberculose. Várias dessas doenças infecciosas são mais prevalentes em determinadas épocas do ano, as quais reduzem a imunidade propiciando o desenvolvimento da doença (BOWONG; KURTHS, 2012; SANTOS et al., 2012).

3.2 Geoprocessamento e saúde

No século XVIII, Londres sofria com uma grave epidemia de cólera, várias pessoas estavam morrendo e não se sabia com exatidão a causa e muito menos como controla-la. Nesse período, ainda não havia conhecimento da existência dos microrganismos e, obviamente, da sua relação com as doenças. O médico John Snow, partindo da hipótese de que a água estaria de alguma forma ocasionando tal epidemia, mapeou o local de residência dos mortos, bem como a localização das bombas de água que abasteciam a cidade (Figura 1) (BRASIL, 2006; CARVALHO; PINA; SANTOS, 2000; MADIGAN; MARTINKO; PARKER, 2004; MADIGAN et al, 2010).

Figura 1: Mapa elaborado por John Snow, contendo a localização dos casos de cólera (ponto) e a localização das bombas de água (x) (Londres, século XVII).



Fonte: Adaptado de Carvalho, Pina e Santos (2000)

Ao analisar o mapa, Snow constatou uma quantidade elevada de mortes ao redor de uma bomba de água localizada na Broad Street, associando ela, como a fonte da doença. Baseado nisso, a bomba foi interditada e como resultado os casos de cólera começaram a reduzir, comprovando sua hipótese (BRASIL, 2006; CARVALHO; PINA; SANTOS, 2000; MADIGAN; MARTINKO; PARKER, 2004; MADIGAN et al, 2010).

Apesar de não ser o primeiro, esse caso se tornou um clássico dos estudos epidemiológico, como também um importante exemplo da utilidade que as técnicas de geoprocessamento podem ter nas avaliações epidemiológicas bem como no apoio a tomada de decisão em saúde (CARVALHO; PINA; SANTOS, 2000).

Existem muitas situações onde o geoprocessamento pode ser usado em estudos epidemiológicos auxiliando no processo de tomada de decisão por parte dos gestores. Dentre as principais aplicações temos: construção de mapas de indicadores epidemiológicos; medir a associação entre indicadores de saúde; relacionar camadas de dados sobre ambiente e saúde; detectar aglomerados a partir da identificação de áreas de maior incidência; avaliar a evolução da distribuição espacial de doenças no tempo e analisar as redes de atenção à saúde (BRASIL, 2006).

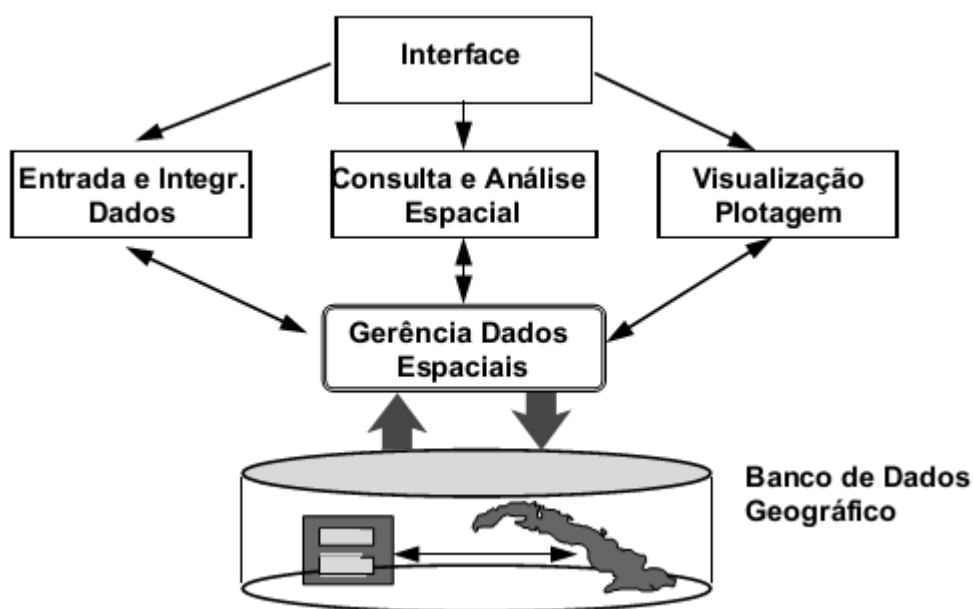
Uma característica importante das análises de geoprocessamento é que além de realizar análises quantitativas dos dados de saúde e associa-los a uma posição da superfície terrestre, também permite associá-los a dados ambientais e socioeconômicos, o que permite a detecção de áreas e populações de risco a um determinado agravo de saúde ou doença (BRASIL, 2006). Com base nisso serão descritos a seguir alguns conceitos básicos acerca do geoprocessamento.

3.2.1 Conceitos básicos

O geoprocessamento consiste em um conjunto de técnicas computacionais capazes de coletar, tratar, manipular e apresentar os dados espacialmente referenciados. Dentre as técnicas usadas no geoprocessamento podem ser citadas o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS), as estatísticas espaciais e a técnica de maior destaque, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que pode englobar em sua estrutura todas as técnicas já citadas.

Os SIGs são, basicamente, sistemas computacionais capazes de coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados, possibilitando o entendimento dos fatos e fenômenos ocorrentes no espaço geográfico. Como pode ser observado na Figura 2, um SIG é formado por componentes relacionados de forma hierárquica. A interface é o nível inicial, onde o usuário interage com o sistema definindo como deve ser operado e controlado. No nível seguinte estão os mecanismos para o processamento de dados espaciais, que permitem a entrada e integração de dados, consulta e análise espacial e visualização e plotagem. No último nível do SIG, é onde ocorre a gerência dos dados espaciais, permitindo que sejam armazenados e recuperados (CARVALHO; PINA; SANTOS, 2000).

Figura 2: Estrutura de um Sistema de Informação Geográfica



Fonte: Câmara, Davis e Monteiro (2001)

No geoprocessamento, a área em estudo é denominada de Espaço geográfico e compreende a coleção de localizações na superfície terrestre onde os fenômenos geográficos em estudo ocorrem, sendo definido por suas coordenadas geográficas, podendo que sejam plotados em um mapa. O Espaço Geográfico pode ser modelado por geo-objetos ou geo-campo: O primeiro, geo-objeto ou objeto geográfico, pode ser caracterizado como a composição do espaço geográfico por entidades distintas (objetos) e localizáveis, possuindo características e forma própria (TELES; MORAES, 1999; CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001). Já o segundo, geo-campo, consiste na

representação da distribuição espacial de uma determinada variável que possui valores de forma contínua em toda a superfícies de uma área de espaço geográfico em um determinado tempo (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Considerando o município de João Pessoa como um espaço geográfico, temos que cada bairro se comporta como um objeto geográfico, já que possuem delimitações e localização bem definidas e características próprias, literalmente atuando como objetos na superfície do espaço geográfico, enquanto variáveis climáticas como temperatura, quantidade de precipitação, radiação solar e umidade relativa correspondem a geo-campos, uma vez que possuem valores em cada ponto da superfície do espaço geográfico.

Outros conceitos importantes são o de Dados Espaciais e Planos de Informação. Os Dados Espaciais são informações contidas no espaço geográfico, logo, possuem localização geográfica definida sendo dependentes da localização espacial dos geo-objetos ou dos pontos de um geo-campo. Esses dados, são constituídos por duas componentes, sendo uma a parte gráfica, representada pelos geo-campos e geo-objetos nos mapas, e pela parte não-gráfica, que armazena informações qualitativas e quantitativas dos geo-objetos e geo-campos (CARVALHO; PINA; SANTOS, 2000). Os Planos de Informação compreendem basicamente na distribuição espacial dos dados espaciais de um espaço geográfico. Sendo assim vários planos de informação da mesma área e com tipos de dados espaciais diferentes dos outros, podem ser sobrepostos formando a cartografia da área em estudo associando todos os dados espaciais presentes em cada plano (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001). Voltando ao caso do município de João Pessoa, pode-se ter um plano de informação para os bairros, outro para os casos de Tuberculose, outro para a temperatura e assim por diante, que associados podem gerar um mapa com todos os componentes essenciais para a análise que se deseja realizar.

Segundo Câmara, Davis e Monteiro (2001), o geoprocessamento trabalha basicamente com cinco tipos de dados, dentre eles temos os dados temáticos e os dados cadastrais. Os dados do tipo temáticos são caracterizados por representarem graficamente a distribuição espacial de uma determinada variável, onde cada ponto de uma certa área do espaço geográfico possui um valor, logo, representa fenômenos modelados por geo-campos. Nos dados Cadastrais, cada componente é um geo-objeto com características e atributos específicos podendo possuir várias representações gráficas.

Um dos principais objetivos de um profissional que faz uso das técnicas de geoprocessamento é a realização de análises espaciais que consiste basicamente na utilização de SIGs para manipulação e análise de informações geográficas a fim de solucionar algum problema, como por exemplo, no caso de um epidemiologista que deseja saber se os casos de uma determinada doença seguem um padrão de distribuição espacial ou segue uma distribuição aleatória? Caso exista um padrão, estaria este relacionado a um fator ambiental ou socioeconômico? Quais são as áreas de risco e quais as áreas de proteção? Que medidas e onde elas devem ser aplicadas a fim de controlar a doença?

De acordo com Moraes, Souza e Teles (2003), a análise espacial faz uso de alguns tipos específicos de dados como os dados pontuais que se referem a fenômenos que ocorrem em uma coordenada geográfica definida, sendo sua localização fonte de interesse para o estudo, como exemplo, a localização dos casos de Tuberculose. Partindo da definição dos dados pontuais, os Dados de Área também consistem na localização da ocorrência de um fenômeno, contudo por algum motivo, não se tem a coordenada exata, associando a ocorrência a uma área. Esses são os dados típicos fornecidos pelas secretarias de saúde, que por questões de anonimato não fornecem o local de residência exato de um paciente, mas sim uma área que pode ser um bairro, município ou estado. Outro tipo de dado está relacionado com características naturais, como temperatura e precipitação que possuem valores distribuídos de forma continua sobre a superfície da área em estudo, esse tipo de dado é classificado como Dado de Superfície.

4 METODOLOGIA

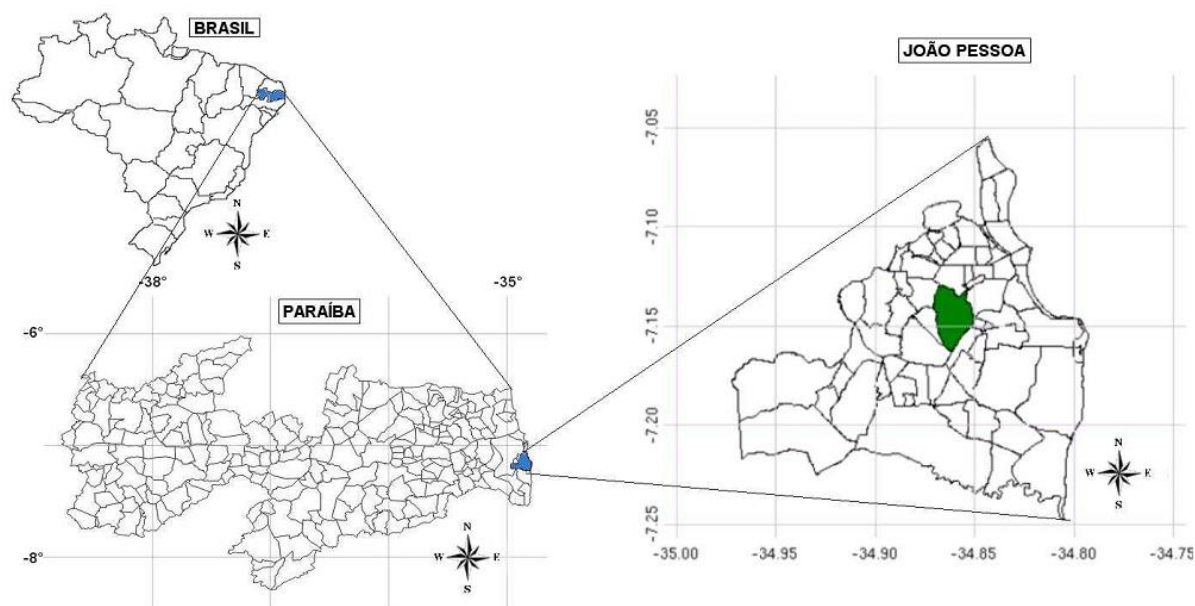
4.1 Caracterização do estudo

Estudo quantitativo, ecológico, exploratório e transversal, fazendo uso de dados secundários referentes aos casos de Tuberculose e do clima do município de João Pessoa-PB, no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2012.

A determinação do período de estudo, se deu mediante a disponibilidade dos dados, logo os anos anteriores a 2000 não foram incluídos por não apresentarem informações anuais compatíveis com os pontos de coleta de dados climáticos e o ano de 2013 também não foi incluído uma vez que os dados ainda não foram computados nem disponibilizados.

O município de João Pessoa, é a capital do estado da Paraíba, localiza-se na região Nordeste do Brasil, possui uma área total de 211,475 km², estando limitado ao norte com o município de Cabedelo, ao sul com o município do Conde, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com os municípios de Bayeux e Santa Rita. De acordo com o censo de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, João Pessoa possui uma população total de 723.515 habitantes e densidade demográfica de 3.421,30 habitantes por km², sendo considerado, pelo Ministério da Saúde, como um dos 6 municípios prioritários para o Plano Nacional de Controle da Tuberculose no estado da Paraíba. Até o ano de 2006 era constituído por 66 bairros, contudo, após uma reforma política na conformação geográfica de alguns bairros, em 2007, o município passou a ser formado por 64 bairros, devido a isso, duas malhas digitais do município foram usadas nas análises espaciais e espaço-temporais. (LUCENA, 2011; IBGE, 2013; RUFFINO-NETO; VILLA, 2006). Na Figura 3, pode-se observar a localização geográfica, bem como a divisão dos bairros do município de João Pessoa.

Figura 3: Mapa do município de João Pessoa-PB.



Fonte: Gomes (2011)

4.2 Coleta dos dados

Os dados referentes aos casos de Tuberculose, população residente e os dados climáticos foram obtidos em associação com as instituições responsáveis pela sua coleta, logo, apenas dados secundários foram usados na pesquisa. Após a coleta, os dados foram tratados e organizados em bancos de dados de forma a se adequarem às análises que foram sujeitos.

4.2.1 Casos de Tuberculose e informação da população residente

Os dados referentes aos casos notificados de Tuberculose foram obtidos junto à Vigilância Sanitária da Secretaria Municipal de Saúde, a partir das fichas de investigação do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) para os casos de Tuberculose residentes no município de João Pessoa diagnosticados durante o período de estudo. Foram considerados para o estudo, exclusivamente as notificações que possuíam tanto o bairro de residência como também a data de diagnóstico da doença.

Os valores referentes à população residente no município durante o período de estudo foram obtidos a partir das estimativas geradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

4.2.2 Dados climáticos

Os dados referentes à precipitação durante o período de estudo, foram obtidos a partir da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). São dados de precipitação mensal em milímetros registrados em quatro postos distribuídos por João Pessoa.

A partir do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram obtidos dados climáticos de estações meteorológicas Metar, ou seja, estações de superfície terrestre situadas nos aeroportos. No caso, foram coletados os dados referentes à estação localizada no Aeroporto Castro Pinto em João Pessoa.

Os dados disponibilizados foram coletados de hora em hora e possui as seguintes variáveis:

- Direção do vento (0 – 360°);
- Velocidade do vento (metros/segundo);
- Pressão reduzida ao nível do mar (hectopascal);
- Temperatura do ar (°C);
- Temperatura do ponto de orvalho (°C).

No Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram obtidos dados climáticos de duas estações meteorológicas convencionais localizadas em João Pessoa, sendo uma delas do Laboratório de Energia Solar (LES) da Universidade Federal da Paraíba e a outra localizada no bairro do Alto do Céu. Nessas estações os dados são coletados diariamente em 3 horários fixos (00:00, 12:00 e 18:00 horas) e as variáveis disponíveis são:

- Precipitação (milímetros);
- Temperatura do bulbo seco (°C);
- Temperatura do bulbo úmido (°C);

- Temperatura máxima (°C);
- Temperatura mínima (°C);
- Umidade Relativa (%);
- Pressão atmosférica ao nível da estação (milésimos de bar);
- Direção do Vento;
- Velocidade do vento (metros/segundo);
- Insolação (horas).

4.3 Teste de normalidade

Para a definição dos testes que foram usados neste trabalho, foi realizado o teste de normalidade de Lilliefors nos dados coletados. Este teste é uma derivação do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov que pondera os valores centrais e extremos da distribuição. O teste avalia o grau de concordância entre a distribuição de um conjunto de valores amostrais e a estatística do teste baseado no nível de significância determinado (SIEGEL, 2006). Dessa forma as hipóteses testadas são:

H_0 : *Dados seguem uma distribuição normal*

H_1 : *Dados não seguem uma distribuição normal*

No teste foi determinado um nível de significância de 5% (0,05), e as hipóteses testadas a partir da equação:

$$D = \max\{F_n - F\},$$

em que F é a função de distribuição acumulada assumida para os dados e F_n é a função de distribuição acumulada empírica dos dados. Caso o p-valor obtido no teste for maior que o nível de significância é aceita a hipótese nula na qual os dados seguem uma distribuição normal.

Os testes realizados demonstraram que os dados não possuem uma distribuição que se aproxime da distribuição normal, logo, foram usados nessa pesquisa testes não-paramétricos os quais serão descritos a seguir.

4.4 Mapas de risco relativo

O risco é uma medida de frequência amplamente usada na epidemiologia e intimamente ligada à incidência de alguma doença ou agravo. Consiste basicamente na probabilidade que um indivíduo, ou grupo de indivíduos, possui de adquirir determinada doença ou sofrer com algum agravo durante um período de tempo, isso considerando que ele não venha a morrer por nenhuma outra causa antes de desenvolver a doença ou o agravo durante esse mesmo período (MEDRONHO, 2008).

Para se avaliar a intensidade da doença ou agravo em uma determinada área, calcula-se o risco relativo (RR), que consiste no quociente entre a taxa de incidência da doença ou agravo em uma sub-área e a taxa de incidência em toda a área de estudo.

$$RR = \frac{\text{Taxa de incidência da sub-área}}{\text{Taxa de incidência de toda a área}}.$$

Tendo uma região geográfica formada por áreas contínuas e disjuntas denotado por $A_1, A_2, A_3, \dots, A_j$, em que X_i ($i = 1, 2, 3, \dots, j$) representa a variável aleatória correspondente à ocorrência da doença ou agravo e N_i ($i = 1, 2, 3, \dots, j$) a população residente na área A_i , o RR denotado por θ_i na região A_i é dada por (CARVALHO; SANTOS, 2005; LUCENA, 2010):

$$\theta_i = \frac{X_i/N_i}{\sum_{k=1}^j X_k / \sum_{k=1}^j N_k}.$$

Na pesquisa em questão, foi calculado o RR para cada bairro de João Pessoa em relação ao município. Quando o RR de algum bairro for inferior a um, isso implica dizer que ele apresenta um risco menor que o do município e quando for superior a 1, que o RR do bairro é maior que o do município. Sua interpretação foi feita da seguinte forma (COSTA, 2011):

- $0 \leq x < 0,5$: Bairros onde o RR do evento é inferior a metade do risco global do município;

- $0,5 \leq x < 1,0$: Bairros onde o RR do evento é superior a metade do risco global do município;
- $1,0 \leq x < 1,5$: Bairros onde o RR do evento é superior ao risco global do município em menos de 50%;
- $1,5 \leq x < 2,0$: Bairros onde o RR é superior em mais da metade risco global do município;
- $x \geq 2,0$: Bairros onde o RR é mais do que duas vezes maior que o risco global do município.

Com base no exposto, foram plotados, para cada mês, mapas de risco no *software* R versão 3.0.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008), fazendo uso do pacote estatístico *maptools*. Foram criados intervalos de classe referentes aos valores de RR obtidos, onde a cada intervalo foi vinculado uma cor, que representa no mapa plotado, o RR de cada bairro, permitindo uma melhor visualização para as análises comparativas (SILVA; MORAES, 2008).

4.5 Detecção de conglomerados espaciais

Um conglomerado espacial ou *Cluster*, como é chamado no inglês, consiste basicamente em um conjunto de áreas que apresentam um risco elevado em relação a outras, quanto à ocorrência do evento em estudo (KNOX, 1989).

Os métodos de detecção de conglomerados são importantes para a área de saúde, podendo auxiliar os gestores na identificação de áreas que necessitam de atenção prioritária para as ações que devem ser tomadas para alcançar o controle da situação.

Os *Clusters* podem ser classificados em Espacial, Temporal e Espaço-Temporal. O primeiro caso é caracterizado pela ocorrência do evento em estudo ser maior em algumas áreas em relação às outras, não levando em consideração o tempo. Os *Clusters* do tipo temporal apresentam uma maior ocorrência do evento de interesse em um determinado período de tempo em relação a outro e sem levar em consideração o espaço. Já o Espaço-Temporal leva em consideração tanto o espaço como o tempo, ou seja, existe uma maior ocorrência do evento em determinadas áreas durante um determinado período de tempo (CARDOSO; ABALO; ROMERO, 2003; COSTA; SCHRERRER; ASSUNÇÃO, 2006; MOURA, 2006).

Além disso, os vários métodos de detecção de conglomerados existentes podem ser classificados em 2 grupos. O primeiro consiste nos testes focados de conglomerados, que testam a hipótese de risco elevado ao redor de uma área suspeita identificada previamente na análise. O segundo grupo, testes genéricos de conglomerados, testam a hipótese de risco elevado ao redor de uma área, contudo, sem o conhecimento prévio de quais e quantas áreas possuem o risco elevado (BESAG; NEWELL, 1991; KNOX, 1989).

Independentemente do grupo que o teste pertença, a hipótese nula (H_0) será a de ausência de conglomerados, ou seja, a variável em estudo apresenta uma distribuição homogeneia em toda a área de estudo, sendo definida da seguinte forma: considerando y_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) o número de casos observado e E_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) o número esperado de casos para cada n sub-área da área de estudo, no caso, de cada bairro do município em estudo, logo, a hipótese nula assume que y_i é uma variável aleatória discreta com distribuição seguindo o modelo de Poisson dada por (COSTA; ASSUNÇÃO, 2005; LUCENA; MORAES, 2009; FULLER; TROYO; BEIER, 2009):

$$H_0: y_i \sim \text{Poisson} (E_i = \lambda N_i),$$

em que λ consiste no número total de casos esperado para toda a área de estudo e N_i o tamanho da população no bairro i , sendo a estimativa de λ , $\hat{\lambda}$ dada pela equação:

$$\hat{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n N_i}.$$

No corrente estudo, foi utilizado o método genérico de conglomerados proposto por Kulldorff e Nagarwalla (1995), a varredura Scan espacial e espaço-temporal, que é um teste não paramétrico, logo não exigindo o conhecimento do tipo de distribuição dos dados. O método Scan espacial possui a capacidade de identificar conglomerados espaciais sem a necessidade de parâmetros cruciais e subjetivos, além de ser capaz de reduzir o erro tipo I (rejeitar H_0 quando ele é verdadeira) uma vez que é fornecido um único p-valor para todos os conglomerados detectados (COSTA; ASSUNÇÃO, 2005).

Em cada bairro de João Pessoa foi associado um centroide e a ele o número de casos notificados de Tuberculose bem como o tamanho da população no bairro. Sobre cada centroide, foram posicionados círculos que tiveram seu raio aumentado continuamente, até incluir um percentual da população determinado, de forma a envolver os centroides vizinhos. Concomitante ao aumento do raio um teste de significância foi realizado para determinar se a área delimitada pelo círculo é ou não um conglomerado (COSTA; ASSUNÇÃO, 2005; KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995).

Assumindo que a distribuição de probabilidade dos dados segue o modelo de Poisson, temos como parâmetro a tripla $(z, p(z), r(z))$, onde z consiste no círculo posicionado sobre o centroide, pertencente a Z , que é o conjunto de todos os círculos. $p(z)$ é a probabilidade de um indivíduo qualquer em z ser um caso e $r(z)$ a probabilidade de um indivíduo qualquer fora de z ser um caso, logo, são testadas as seguintes hipóteses (COSTA; ASSUNÇÃO, 2005; TAVARES, 2009):

$$H_0: p = r$$

$$H_1: z \in Z, p > r.$$

No método Scan espacial, os raios dos círculos são computados de forma que os valores estimados de $p(z)$ e $q(z)$, maximizem a função de máxima verossimilhança com base no total de casos observados. Quando z é admitido como um candidato a conglomerado, é considerada a estatística KN definida pela equação (GÓMEZ-RUBIO; FERRÁNDIZ-FERRAGUD; LÓPEZ-QUÍLEZ, 2005):

$$KN = \max_{z \in Z} \frac{L(z, \hat{p}(z), \hat{q}(z))}{L_0}, \quad (1)$$

em que Z é o conjunto de todos os círculos ou possíveis candidatos a conglomerados, $\hat{p}(z)$ e $\hat{q}(z)$ são as estimativas de $p(z)$ e $q(z)$, L_0 é definido por:

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

em que C é o total de casos observados na região considerada e M a população total de toda a região de estudo. Ainda na equação (1), $L(z, \hat{p}(z), \hat{q}(z))$ é definido por:

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

em que c_z e c_i 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 . No final o maior valor de KN é registrado e a significância do resultado é calculada a partir da simulação de Monte Carlo que realiza um teste de hipóteses para determinar se o conglomerado detectado é realmente significativo (COSTA; ASSUNÇÃO, 2005; COSTA; SCHRERRER; ASSUNÇÃO, 2006; MOURA, 2006; TAVARES, 2009). O algoritmo para a simulação de Monte Carlo procede como descrito a seguir (LUCENA; MORAES, 2012):

- São gerados B conjuntos de dados independentes com o mesmo número de casos C que o conjunto de dados original. Os C casos são distribuídos aleatoriamente entre as n sub-áreas segundo a hipótese nula;
- É calculado a estatística KN_t ($t = 1, \dots, B$) para cada um dos conjuntos gerados;
- Os valores dos testes obtidos dos B conjuntos simulados são ordenados e observados no conjunto de dados originais.
- Se a estatística obtida para o conjunto de dados original estiver entre os $100\alpha\%$ valores mais altos de KN_t simulados, rejeita-se a hipótese nula ao nível de significância de α . O p-valor associado ao teste é dado por $1 - \frac{R+1}{B+1}$, onde R é o número de valores de KN_t simulados maiores que KN .
- Caso da hipótese nula seja rejeitada, isso implica em dizer que existem evidências de que o conglomerado detectado é significativo, ou seja, o conglomerado não é aleatório.

Além de ter sido realizado a análise espacial, decorrente ao tamanho do período de estudo, foi utilizado também, o método de detecção de conglomerados Scan espaço-temporal, o qual identifica conglomerados que ocorrem no espaço e no tempo simultaneamente (COULSTON; RIITTERS, 2003). O método é análogo ao espacial, utilizando cilindros ao invés de círculos, onde a base representa o espaço geográfico e a altura o tempo, permitindo que a base e altura do cilindro variem continuamente de acordo com a varredura. Apesar disso, não há nenhuma alteração

quanto à razão de verossimilhança e a significância do teste para o método espaço-temporal em relação ao espacial (KULLDORFF et al, 1998; KULLDORFF, 2001; LUCENA; MORAES, 2012).

A análise espaço-temporal do método Scan pode seguir duas abordagens. A primeira é a análise retrospectiva, que detecta conglomerados ainda ativos no fim do período de estudo, bem como, conglomerados que deixaram de existir antes do término do período de estudo. Já a segunda abordagem, análise Prospectiva, é capaz de detectar conglomerados que não deixaram de ocorrer até o fim do período de estudo (KULLDORFF, 2001; YAMADA; ROGERSON; LEE, 2009).

Para o Scan espacial foi utilizado o *software* R versão 3.0.1, fazendo uso dos pacotes estatísticos *maptools* e *DCluster*. Quanto a análise Scan espaço-temporal, para a detecção dos conglomerados foi utilizado o *software* SaTScan versão 9.2 e para plotar os mapas o *software* R versão 3.0.1, fazendo uso do pacote estatístico *maptools*. Ambas as análises foram realizadas usando 1%, 3%, 5%, 7% e 10% da população, contudo, após comparação com os mapas de risco, foi definido que os resultados obtidos com 10% da população foram os mais adequados. Para todos os testes foi considerado o nível de significância de 5%. É importante destacar que para as análises, foram utilizados dois mapas devido a mudanças conformacionais ocorridas em alguns bairros a partir de 2007, um mapa usado até o ano de 2006, contendo 66 bairros e outro, a partir de 2007 com 64 bairros.

4.6 Correlação de Spearman

Com o intuito de analisar a existência de relação entre a Tuberculose e o clima no município de João Pessoa durante o período de estudo, bem como a natureza da distribuição dos dados analisados, foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman. O método foi desenvolvido por Spearman em 1904, como método não-paramétrico análogo ao método de correlação de Pearson, para medir o grau de associação linear entre duas variáveis que devem ser ao menos de escala de mensuração ordinal, de forma que os elementos das variáveis possam ser ordenados (SIEGEL, 2006). A diferença entre os dois métodos consiste no fato de que o coeficiente de correlação de Spearman, ao invés de usar os valores das variáveis em análise, faz uso de seus postos, por esse motivo existe a exigência quanto a escala

de mensuração das variáveis. O coeficiente de correlação de Spearman, ρ_s , é calculado a partir da equação:

$$\rho_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^l d_i^2}{l^3 - l},$$

em que l consiste no número de pares de valores g_i e h_i e d_i é a diferença entre cada posto de valor correspondentes de g_i e h_i (SIEGEL, 2006).

Os valores que ρ_s pode assumir, variam entre -1 e 1, sendo que quanto mais próximo esse valor for de -1 e 1, maior será a associação entre as variáveis, logo, quanto mais próximo de zero, menor será a associação. Os valores podem ser classificados em correlação alta positiva quando $0,75 \leq \rho_s < 1$, moderada positiva quando $0,5 \leq \rho_s < 0,75$, fraca se $-0,5 < \rho_s < 0,5$, moderada negativa quando $-0,5 \leq \rho_s < -0,75$ e correlação alta negativa quando $-0,75 \leq \rho_s < -1$. (GOMES, 2011)

Um teste de hipóteses é realizado para verificar se o coeficiente de correlação obtido é significativo. Para isso as hipóteses testadas são:

H_0 : Não existe associação entre g e h

H_1 : Existe associação entre g e h

No teste, o nível de significância α é fixado, e a estatística do teste é calculada a partir da equação:

$$t = \rho_s \sqrt{\frac{l-2}{1-\rho_s^2}} \sim t_{n-2},$$

em que t_{n-2} consiste na distribuição t de *Student* com $n-2$ graus de liberdade. A hipótese nula é rejeitada se o valor de $\rho_s \geq t_{(n-2)}$ (SIEGEL, 2006).

Para a obtenção dos coeficientes de correlação de *Spearman*, foi utilizado o *software* R versão 3.0.1, fazendo uso do pacote ISwR e fixando o nível de significância em 5%.

4.7 Modelo de tomada de decisão

Apesar de muitas vezes não se dar conta disso, os seres humanos tomam decisões diversas vezes ao dia, desde atividades simples como a escolha de uma roupa até situações mais complexas como aquelas tomadas pelos gestores no ato de sua profissão. Ao se tratar da gestão de empresas ou, em especial, a gestão em saúde esse processo decisório, deveria ser realizado com base em métodos técnico-científicos que auxiliam ao gestor a tomar a decisão mais adequada à situação que está sendo lidada.

Dentre os métodos de apoio à tomada de decisão, aqueles baseados na lógica *Fuzzy* têm ampla utilização como um método de representação do conhecimento e como técnica para a modelagem de Sistemas de Apoio às Decisões (MARQUES et al., 2005), como pode ser observado no trabalho desenvolvido por Costa (2011), onde foi elaborado um modelo de tomada de decisão baseado na lógica *Fuzzy*, para determinar os bairros prioritários e não-prioritários quanto a ocorrência de acidentes de trânsito no município de João Pessoa. Em outra pesquisa, também foi desenvolvido um modelo baseado em lógica *Fuzzy*, com o intuito de prever a situação dos municípios no estado da Paraíba quanto aos casos de AIDS (SOUSA, 2012). Em seu estudo, Gomes (2011) desenvolveu um modelo capaz de identificar períodos com risco de ocorrência de epidemias de Dengue em João Pessoa com base nas condições climáticas, socioeconômicas e entomológicas.

Nesse contexto será utilizado neste trabalho, para a elaboração de um modelo de tomada de decisão, a lógica *Fuzzy*, o qual será explicado a seguir.

4.7.1 Lógica Fuzzy

O termo *Fuzzy* foi apresentado pela primeira vez em 1965 por Lotfi A. Zadeh, onde foi demonstrado uma forma de determinar se um dado elemento pertence ou não a um conjunto cujo seus limites não são bem definidos, como exemplo, um conjunto de pessoas bonitas, onde a classificação da aparência de um indivíduo é subjetiva, impossibilitando uma classificação com base no conceito dos conjuntos clássicos (MASSAD et al, 2008).

Fazendo uma breve comparação, na teoria dos conjuntos clássica, um determinado elemento ou faz parte de um conjunto ou não faz parte, não havendo

meio termo, logo, sendo x um elemento pertencente a um universo U , a função de pertinência de um conjunto clássico A em U , $A: U \rightarrow \{0,1\}$, é dada por:

$$A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases}$$

No caso dos conjuntos *Fuzzy*, podem ser vistos como uma representação de um conjunto da teoria dos conjuntos clássica, onde só há conhecimento impreciso, dessa forma, a pertinência de um elemento a um conjunto pode ser parcial, não necessitando que o elemento pertença inteiramente a um conjunto. Logo, sendo A um conjunto no universo U e x um elemento pertencente a U , a função de pertinência de um conjunto *Fuzzy*, associa a cada ponto em U , um número real presente no intervalo de 0 a 1, ou seja, $A: U \rightarrow [0,1]$ (ZADEH, 1965).

- *Operações com conjuntos Fuzzy*

Assim como ocorre nos conjuntos clássicos, operações de intersecção e união podem ser realizadas entre os conjuntos *Fuzzy*. Para tal, são utilizados os operadores t-norma e t-conorma. O primeiro operador, t-norma, permite a intersecção entre os conjuntos *Fuzzy*, sendo representado pelo conector “E”, enquanto que a t-conorma permite a união entre os conjuntos *Fuzzy*, representado pelo conector “OU” (MORAES; BANON; SANDRI, 2002). As principais t-normas e t-conormas estão expressas na Tabela 1.

Tabela 1: Principais operadores de intersecção e união.

T-normas	T-conormas
$\min(a, b)$	$\max(a, b)$
$a \times b$	$a + b - ab$
$\max(a + b - 1, 0)$	$\min(a + b, 1)$
$\begin{cases} a, & \text{se } b = 1 \\ b, & \text{se } a = 1 \\ 0, & \text{senão} \end{cases}$	$\begin{cases} a, & \text{se } b = 0 \\ b, & \text{se } a = 0 \\ 1, & \text{senão} \end{cases}$

Fonte: Moraes (1998)

- *Sistema especialista baseado em lógica Fuzzy*

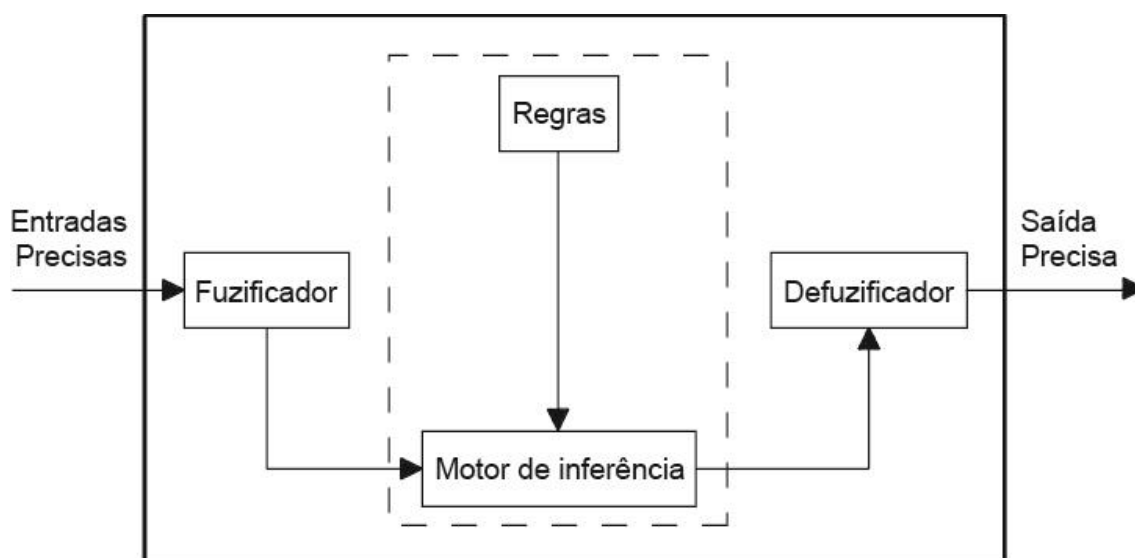
O sistema especialista baseado em lógica *Fuzzy* faz uso de regras do tipo condição-ação para expressar o conhecimento do especialista. Essas regras possuem uma estrutura básica definida em duas partes: O Antecedente (SE), que é composta pelas variáveis de entrada que descrevem uma condição, e o Consequente (ENTÃO), composto pelas variáveis de saída, indicando uma conclusão. Vale salientar que no Antecedente é permitido o uso de mais de um conector como o “E” e “OU” e no Consequente pode haver mais de uma conclusão (ORTEGA, 2001). De forma genérica, uma regra *Fuzzy* pode ser representada da seguinte forma:

SE (x é a_i) E (y é b_i) OU ... ENTÃO (z é c_i) E (w é d_i)...

em que x e y são as variáveis linguísticas de entrada, z e w as de saída, e a_i , b_i , c_i e d_i são realizações dessas variáveis, medidas a partir da interação do especialista com o sistema (GOMIDE; GUDWIN, 1994).

Mamdani propôs em 1974, uma estrutura genérica representativa de um sistema especialista baseado em lógica *Fuzzy*, que pode ser observado na Figura 4.

Figura 4: Estrutura proposta por Mamdani para sistemas especialistas baseados em lógica Fuzzy.



Fonte: Adaptado de Mamdani (1974)

O modelo proposto por Mamdani é constitui por:

- **Processador de entrada (Fuzificador):** É a primeira etapa do sistema, é onde ocorre a ponte de ligação entre os elementos de entrada e Base de conhecimento. Os valores das informações de entrada passam por um processo chamado de fuzificação, onde são traduzidos em variáveis linguísticas a partir da aplicação de regras de formação que, por sua vez, vão depender da função de pertinência utilizada (OLIVEIRA, 2004; PASSINO; YURKOVICH, 1997).
- **Base de conhecimento (Regras):** Consiste na parte mais importante do sistema especialista, pois é nele onde as regras *Fuzzy* são implementadas, e como já mencionado, elas são determinadas e estruturadas a partir dos dados e do conhecimento e experiência de algum especialista e descritas de forma linguística (OLIVEIRA 2004; SOUSA, 2007). Como a base de conhecimento é separada das demais partes, isso permite que as regras sejam facilmente modificadas, removidas ou ainda permite a inclusão de novas regras (FERNANDES, 2004).
- **Motor de inferência:** É onde as variáveis linguísticas, obtidas no processo de fuzificação, são processadas junto com as regras determinadas na base de conhecimento, os quais irão inferir os conjuntos *Fuzzy* de saída a partir da aplicação das t-normas, t-conormas e as regras de inferências definidas (SOUSA, 2007).
- **Interface de Defuzificação (Defuzificador):** Consiste na etapa final, onde os conjuntos *Fuzzy* gerados no motor de inferência são traduzidos em números reais a partir da utilização de algum método de defuzificação (SOUSA, 2007). Os métodos mais comumente utilizados são a média dos máximos, que representa o valor médio entre os pontos máximos, quando existir mais de um máximo; Critério máximo, que escolhe os pontos com os valores máximos da função de pertinência, ignorando suas áreas; e o Método do Centroide, onde é calculado o centro da área do gráfico gerado a partir dos dados gerados no Motor de inferência (ORTEGA, 2001).

Para a elaboração e aplicação do modelo de decisão baseado em lógica *fuzzy* foi utilizado o *software* MATLAB versão 1.12.0, fazendo uso do módulo *Fuzzy Logic Toolbox*. Foi utilizado para a defuzificação o método do centroide, tendo como base

para a tomada de decisão o grau de pertinência no centroide, sendo a decisão tomada de acordo com a seguinte tabela de decisão (Tabela 2):

Tabela 2: Tabela de decisão

Situação	Decisão
Quando o grau de pertinência do centroide for igual a 1.	Considerar como decisão o grau de prioridade ativado na saída do modelo.
Quando existir graus de pertinência com valores diferentes.	Considerar como decisão o grau de prioridade com o máximo grau de pertinência.
Quando existir empate entre os valores de pertinência.	Considera como decisão o grau de prioridade referente a pior situação.

4.8 Aspectos Éticos

O projeto foi avaliado e aprovado pela Gerência de Educação na Saúde da Secretaria Municipal de Saúde sendo encaminhado para coleta dos dados na Vigilância Sanitária da mesma instituição conforme processo nº 16.297/2013 (Anexo I), de forma a manter o anonimato dos indivíduos notificados, respeitando assim os critérios estabelecidos na Resolução nº 466/12 de 12 de dezembro de 2012, que regulamenta a pesquisa em seres humanos.

5 RESULTADOS

5.1 Análise descritiva dos dados de Tuberculose

Ao analisar os dados dos casos de Tuberculose, foi possível observar que durante os anos de 2000 e 2001 houve notável subnotificação dos casos, principalmente pela implantação de um sistema de notificação e por perdas de dados ocasionada pela substituição desse sistema pelo atualmente utilizado pela Secretaria de Saúde, o Sinan Net. Desta forma, esses anos apresentaram 7 e 8 casos notificados respectivamente, valores muito baixos em relação aos demais anos, como será observado a seguir, inviabilizando a utilização das análises realizadas. Devido a isso, esses anos foram excluídos da análise.

Durante o período de 2002 a 2012 foram diagnosticados o total de 4358 casos de Tuberculose no município de João Pessoa. A quantidade de diagnósticos variou muito no decorrer dos meses, onde o maior número de casos ocorreu no mês de agosto de 2012, com 53 casos diagnosticados, enquanto que o mês de dezembro de 2011 apresentou a menor quantidade registrada no período, 8 casos (Tabela 2).

Tabela 3: Número de casos e taxa de incidência por 10000 habitantes durante o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2012 (n = 4358).

Meses		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Janeiro	nº casos	22	32	38	42	20	26	42	34	34	33	36
	TI	0,36	0,52	0,61	0,66	0,31	0,39	0,62	0,49	0,48	0,45	0,48
Fevereiro	nº casos	29	28	29	36	13	30	44	34	20	25	45
	TI	0,48	0,45	0,46	0,56	0,20	0,45	0,65	0,49	0,28	0,34	0,60
Março	nº casos	28	25	34	37	34	37	42	33	44	34	34
	TI	0,46	0,40	0,54	0,58	0,52	0,55	0,62	0,47	0,62	0,46	0,45
Abril	nº casos	35	40	39	30	23	33	48	34	41	36	49
	TI	0,57	0,65	0,62	0,47	0,35	0,49	0,70	0,49	0,57	0,49	0,65
Maio	nº casos	31	27	32	34	34	32	36	32	34	39	26
	TI	0,51	0,43	0,51	0,53	0,52	0,48	0,53	0,46	0,48	0,53	0,34
Junho	nº casos	26	32	31	24	30	39	23	34	29	35	35
	TI	0,42	0,51	0,49	0,37	0,46	0,58	0,34	0,49	0,40	0,47	0,46
Julho	nº casos	27	24	33	31	39	43	37	41	37	20	41
	TI	0,44	0,39	0,52	0,48	0,59	0,64	0,54	0,58	0,51	0,27	0,54
Agosto	nº casos	27	41	36	38	26	26	29	46	35	37	53
	TI	0,44	0,66	0,57	0,59	0,39	0,39	0,42	0,65	0,49	0,50	0,69

Legenda: TI - Taxa de incidência por 10000 habitantes.

CONTINUA

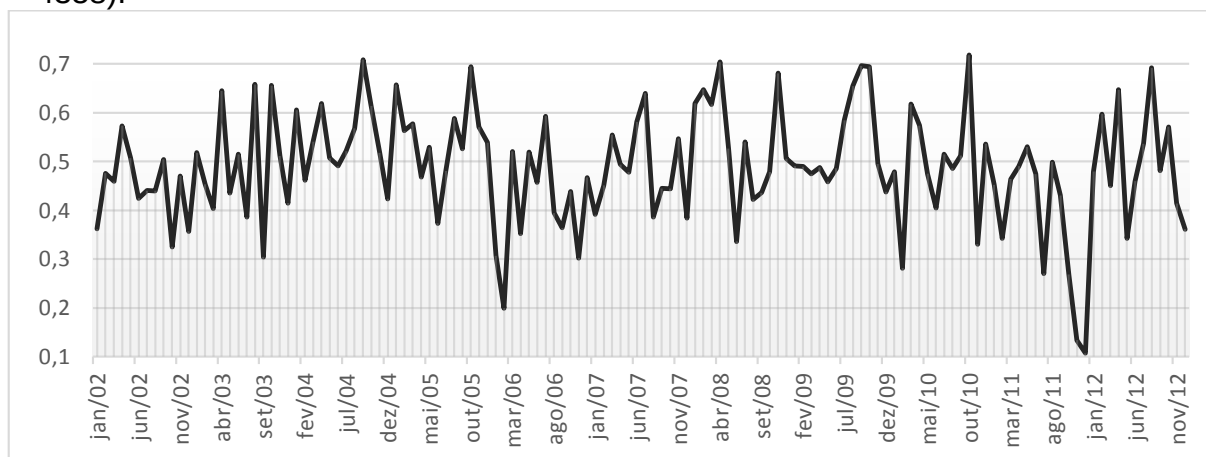
Tabela 3: Conclusão

Meses		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Setembro	nº casos	31	19	45	34	24	30	30	49	37	32	37
	TI	0,50	0,30	0,71	0,53	0,36	0,45	0,44	0,70	0,51	0,43	0,48
Outubro	nº casos	20	41	39	45	29	30	33	49	52	20	44
	TI	0,33	0,66	0,61	0,69	0,44	0,44	0,48	0,69	0,72	0,27	0,57
Novembro	nº casos	29	32	33	37	20	37	47	35	24	10	32
	TI	0,47	0,51	0,52	0,57	0,30	0,55	0,68	0,50	0,33	0,13	0,41
Dezembro	nº casos	22	26	27	35	31	26	35	31	39	8	28
	TI	0,36	0,41	0,42	0,54	0,47	0,38	0,51	0,44	0,54	0,11	0,36

Legenda: TI - Taxa de incidência por 10000 habitantes.

Como pode ser observado na Tabela 2, as taxas de incidência variaram de 0,72 casos por 10000 habitantes, em outubro de 2010 a 0,11 casos por 10000 habitantes, em dezembro de 2011. A priori, nenhuma tendência ou sazonalidade foi verificada com o passar dos meses para o município de João Pessoa, o que pode ser constatado na Figura 5.

Figura 5: Taxa de incidência por 10000 habitantes, dos casos diagnosticados de Tuberculose em João Pessoa no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2012 (n = 4358).



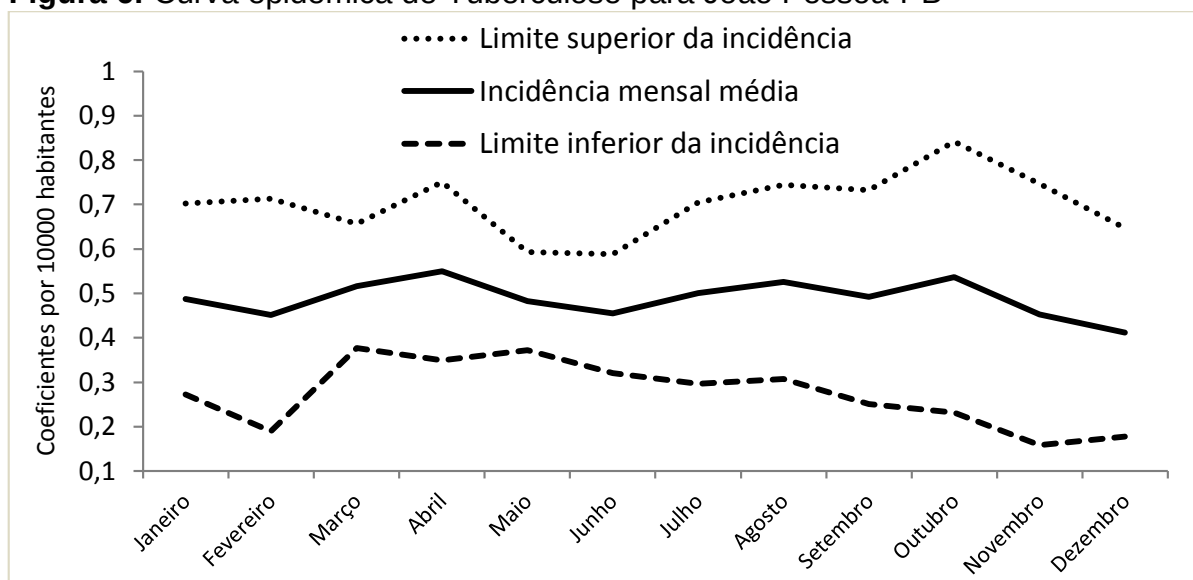
Para verificar a ocorrência de períodos epidêmicos da taxa de incidência de Tuberculose em João pessoa durante o período de estudo, foi elaborada sua curva epidêmica representada na Figura 6. Para sua construção teve-se como base os dados referentes a taxa de incidência média mensal, o desvio padrão e os limites inferior e superior da incidência de Tuberculose, que estão apresentados na Tabela 4. Com base na curva epidêmica pode-se observar ausência de períodos epidêmicos

durante o período de estudo, uma vez que a incidência mensal média não ultrapassa o limite superior da incidência.

Tabela 4: Dados usados para a construção da curva epidêmica de Tuberculose para João Pessoa-PB.

Meses	Incidência mensal média	Desvio padrão	Limite superior da incidência	Limite inferior da incidência
Janeiro	0,487497	0,109581	0,702275	0,272718
Fevereiro	0,451036	0,133688	0,713065	0,189007
Março	0,516327	0,071402	0,656276	0,376378
Abril	0,550332	0,102309	0,750858	0,349805
Maio	0,482534	0,056151	0,59259	0,372478
Junho	0,454727	0,068228	0,588453	0,321001
Julho	0,500749	0,104304	0,705185	0,296313
Agosto	0,526315	0,111538	0,744929	0,307702
Setembro	0,491763	0,123013	0,73287	0,250657
Outubro	0,536745	0,155763	0,842041	0,231449
Novembro	0,452266	0,150134	0,746528	0,158004
Dezembro	0,412107	0,119927	0,647163	0,177051

Figura 6: Curva epidêmica de Tuberculose para João Pessoa-PB

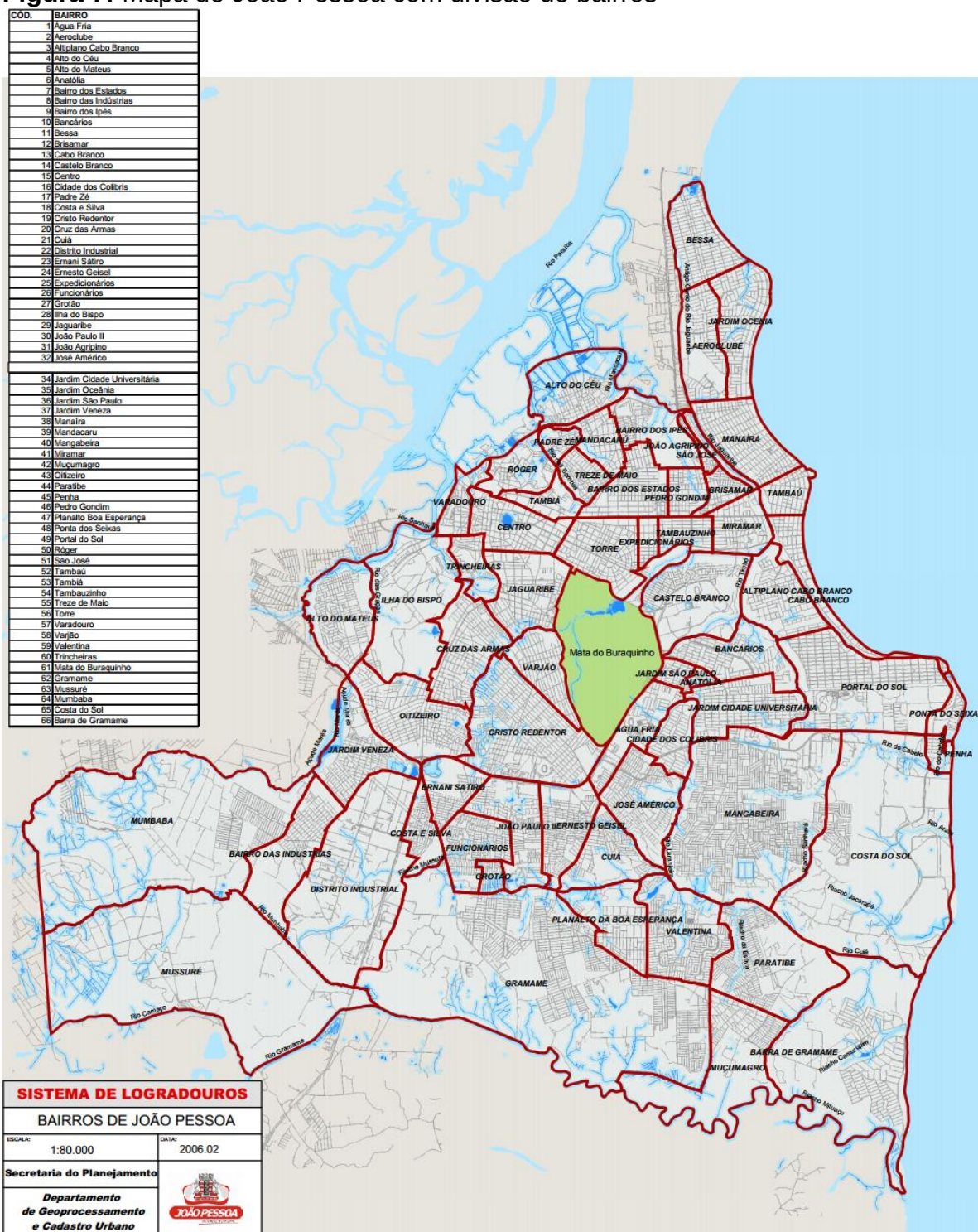


5.2 Análise espacial

A análise espacial foi realizada mediante a elaboração de mapas de risco e da análise Scan espacial, para cada mês do período em estudo, correlacionando os resultados obtidos em ambas as metodologias. Todos os mapas de risco e de Scan espacial gerados, podem ser encontrados nos Anexos II e III respectivamente. É

importante relembrar, que para as análises, foram usados dois mapas diferentes, um usado até o ano de 2006 com 66 bairros e o outro usando a partir de 2007 com 64 bairros. Para auxiliar na leitura e interpretação dos mapas obtidos nas análises espaciais, é apresentado a Figura 7, o qual representa o município de João Pessoa com as identificações dos bairros de acordo com a conformação geográfica de 2007.

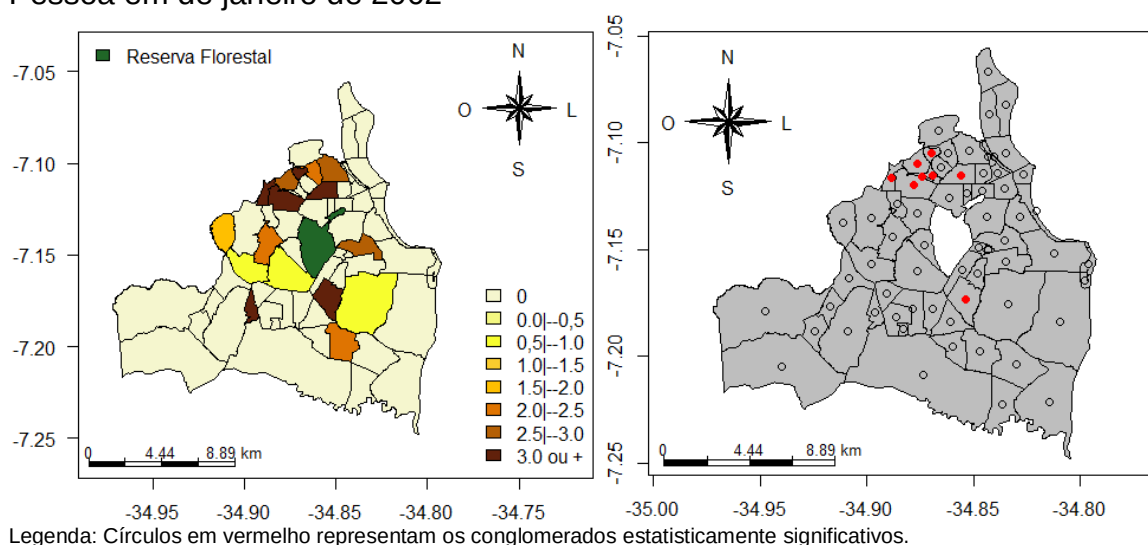
Figura 7: Mapa de João Pessoa com divisão de bairros



Fonte: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2006.

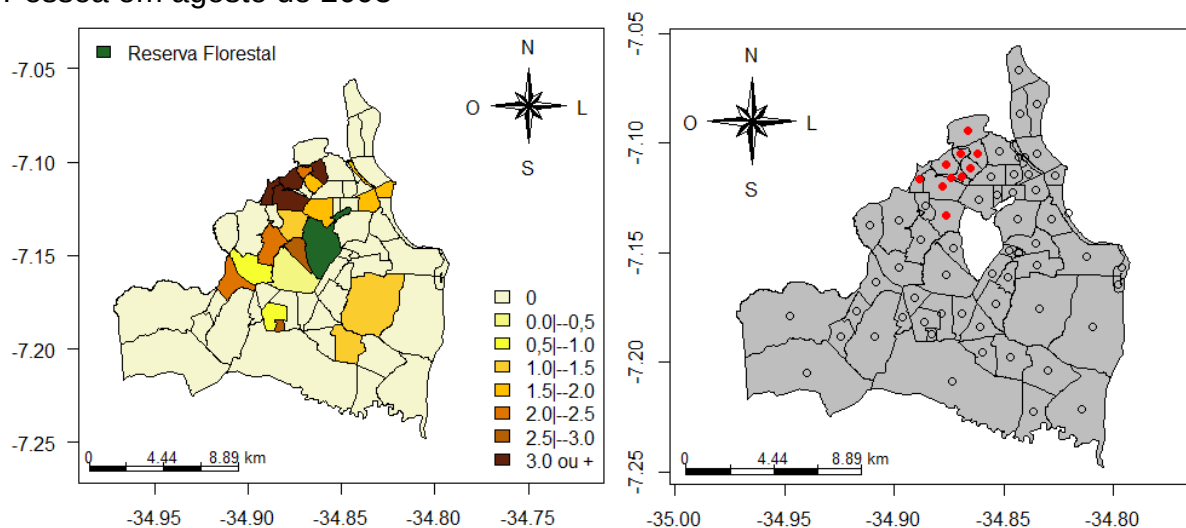
Durante todos os meses de 2002, foi possível observar um padrão espacial bem definido, onde os bairros que apresentavam maiores RR se encontravam quase que exclusivamente na região norte do município, se destacando os bairros do Centro, Varadouro, Roger, Padre Zé e Mandacaru que em praticamente todos os meses se apresentaram com RR elevado, como pode ser demonstrado na Figura 8. Resultado similar foi obtido na análise Scan espacial, a qual revelou que os bairros de maior RR também formaram conglomerados espaciais estatisticamente significativos (Figura 8).

Figura 8: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em de janeiro de 2002



No ano de 2003, alguns bairros localizados a oeste de João Pessoa, como Jaguaribe e Cruz das Armas apresentaram elevado RR, contudo, ainda se mantiveram persistentes como bairros de alto risco o Centro, Varadouro, Roger e Mandacaru (Figura 9). A análise Scan detectou que os conglomerados significativos consistiram nos bairros com maior RR localizados na região norte (Figura 9), com exceção dos meses de fevereiro e abril onde os conglomerados significativos ficaram situados mais ao sul, sendo em sua maioria, bairros de baixo risco influenciados por bairros vizinhos com alto risco.

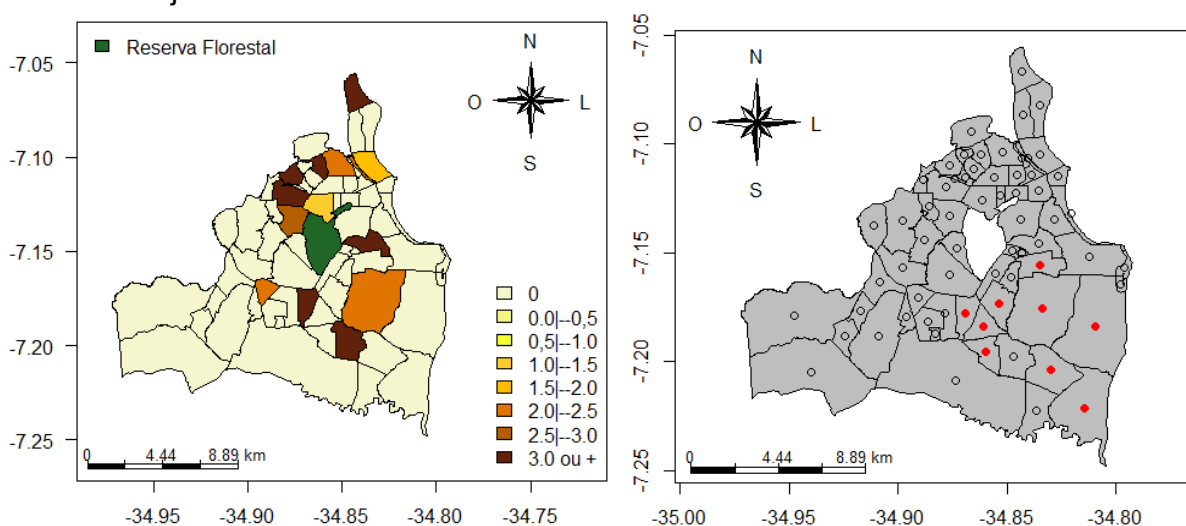
Figura 9: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em agosto de 2003



Legenda: Círculos em vermelho representam os conglomerados estatisticamente significativos.

Em 2004, bairros situados ao sul de João Pessoa começaram a apresentar RR elevados, como é o caso dos bairros dos Bancários, Mangabeira, Valentina e Grotão. Os bairros do Centro, Varadouro, Roger e Mandacaru, continuaram a apresentar RR elevado. Vale salientar que o bairro do Bessa, localizado no extremo norte, também apresentou RR elevado (Figura 10). No Scan espacial, os bairros com elevado risco foram identificados como conglomerados significativos, contudo a concentração dos conglomerados ocorreu com maior frequência na região sul do município. Nos meses de fevereiro, março, agosto, setembro e outubro, o foco dos conglomerados foi na região norte (Figura 10).

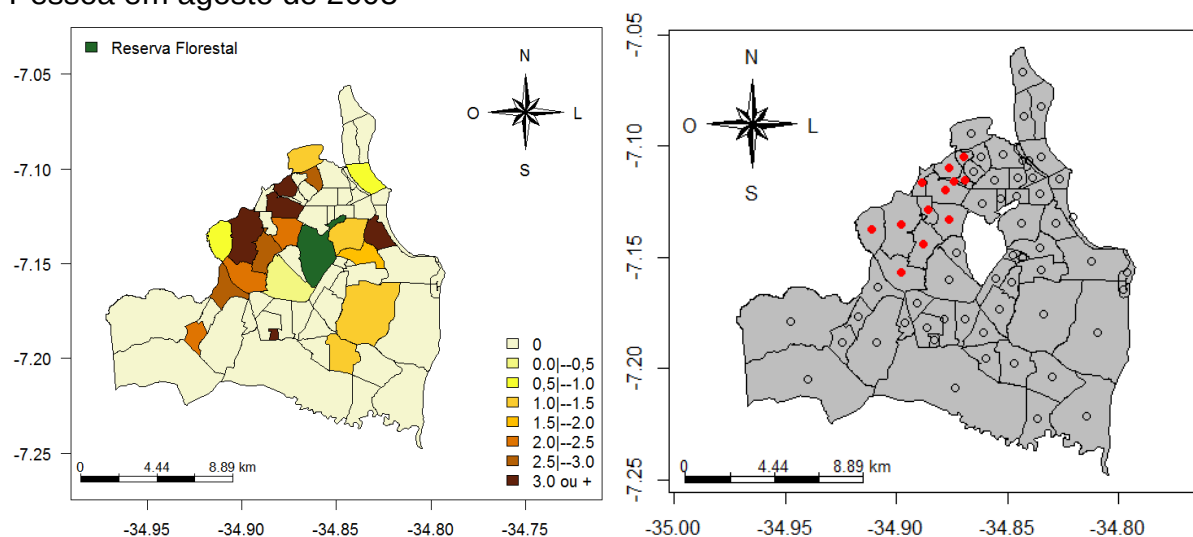
Figura 10: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em julho de 2004



Legenda: Círculos em vermelho representam os conglomerados estatisticamente significativos.

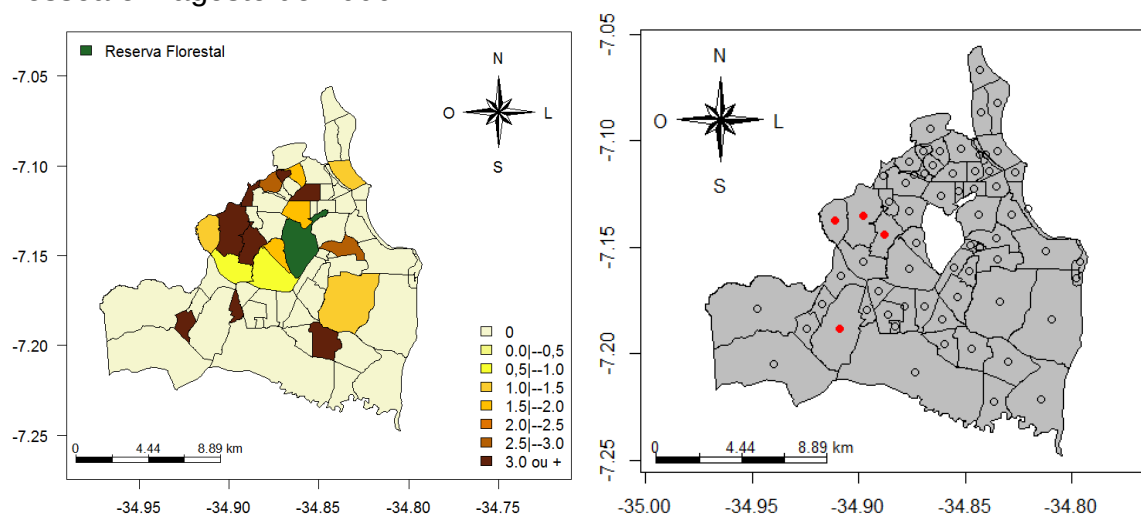
Para os meses em 2005, a distribuição dos bairros com maior RR se concentrou na região norte e oeste de João Pessoa, onde os bairros de maior destaque foram, Centro, Roger, Padre Zé, Jaguaribe, Rangel e Bessa (Figura 11). Durante todos os meses os conglomerados estatisticamente significativos também se localizaram na região norte e oeste do município, a única exceção foi o mês de maio que teve os conglomerados afetados pelo elevado RR existente nos bairros do Distrito Industrial, Ernani Sátiro e Ponta do Seixas (Figura 11).

Figura 11: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em agosto de 2005



Em 2006, os bairros do Roger, Mandacaru, Bancários, Mangabeira, Valentina e Costa e Silva apresentaram elevados valores de RR durante os meses, demonstrando que as áreas de alto risco estão espalhadas pelo município (Figura 12). Os conglomerados espaciais significativos que foram detectados, se concentraram ao sul durante os meses de maio e outubro enquanto que nos demais meses, ao norte e oeste de João Pessoa, como pode ser observado na Figura 12.

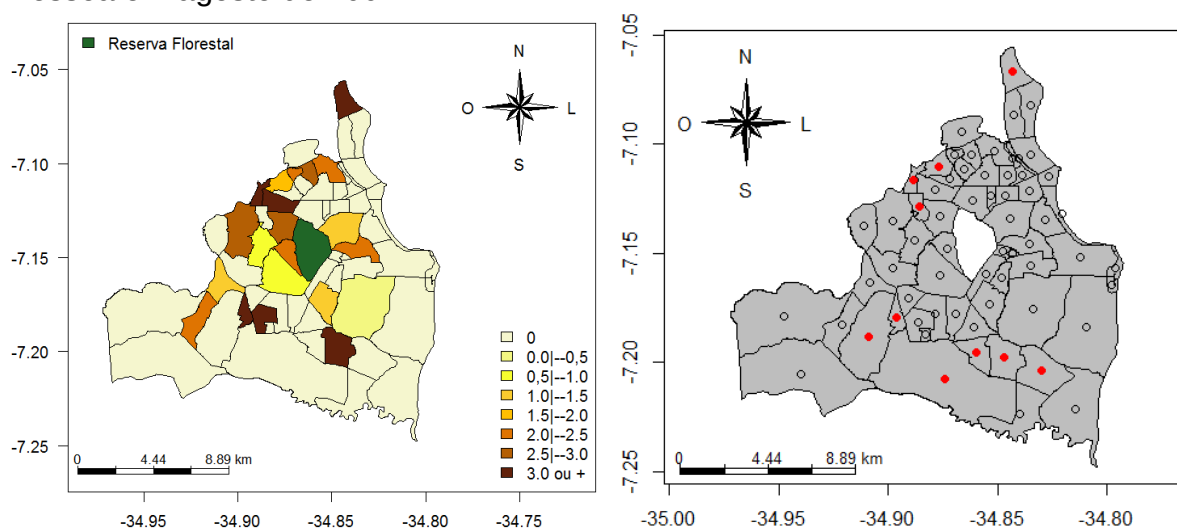
Figura 12: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em agosto de 2006



Legenda: Círculos em vermelho representam os conglomerados estatisticamente significativos.

Apesar dos bairros dos Bancários e Valentina continuarem a apresentar RR elevado, durante o ano de 2007 o padrão espacial do RR de Tuberculose esteve focado a região norte do município (Figura 13). Padrão similar foi obtido na análise Scan espacial, onde apenas os meses de março e agosto tiveram foco de conglomerados significativos na região sul, nos demais meses, os conglomerados concentraram-se na região norte (Figura 13). É importante destacar que a partir deste ano o mapa utilizado foi diferente dos anteriores devido à reforma política na conformação geográfica de alguns bairros, como já foi mencionado.

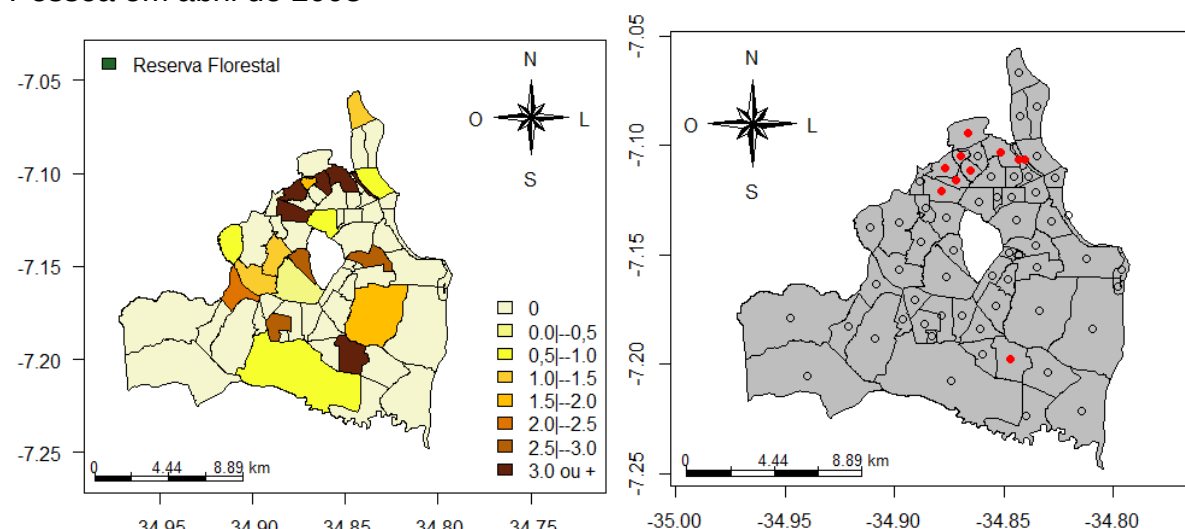
Figura 13: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em agosto de 2007



Legenda: Círculos em vermelho representam os conglomerados estatisticamente significativos.

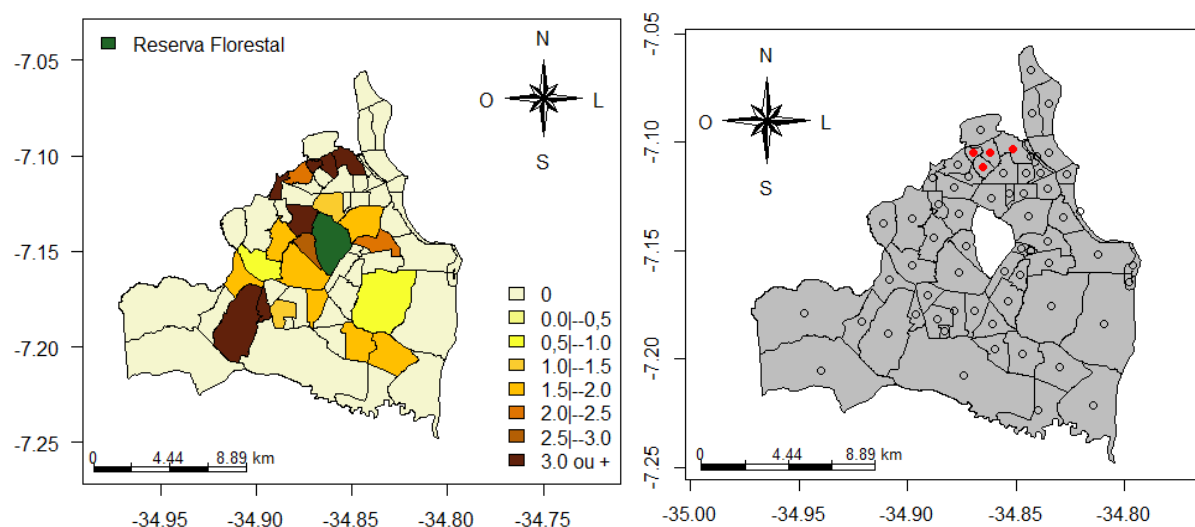
Para 2008, o foco de bairros com maior RR se encontra na região norte do município, destacando-se os bairros do Centro, Varadouro, Roger, Padre Zé e Mandacaru (Figura 14). Como pode ser exemplificado pela Figura 14, para todos os meses, os conglomerados espaciais significativos estão localizados quase que exclusivamente na região norte de João Pessoa.

Figura 14: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em abril de 2008



No ano de 2009 os bairros com maior RR estiveram concentrados ao norte e oeste do município, sendo o Centro, Varadouro, Roger, Padre Zé, Mandacaru, Cruz das Armas e Ilha do Bispo os bairros com maior destaque (Figura 15). Os conglomerados estatisticamente significativos coincidiram com as áreas que apresentaram bairros com elevado RR, ou seja, localizados ao norte e oeste, com exceção do mês de agosto em que os conglomerados localizavam-se mais ao sul (Figura 15).

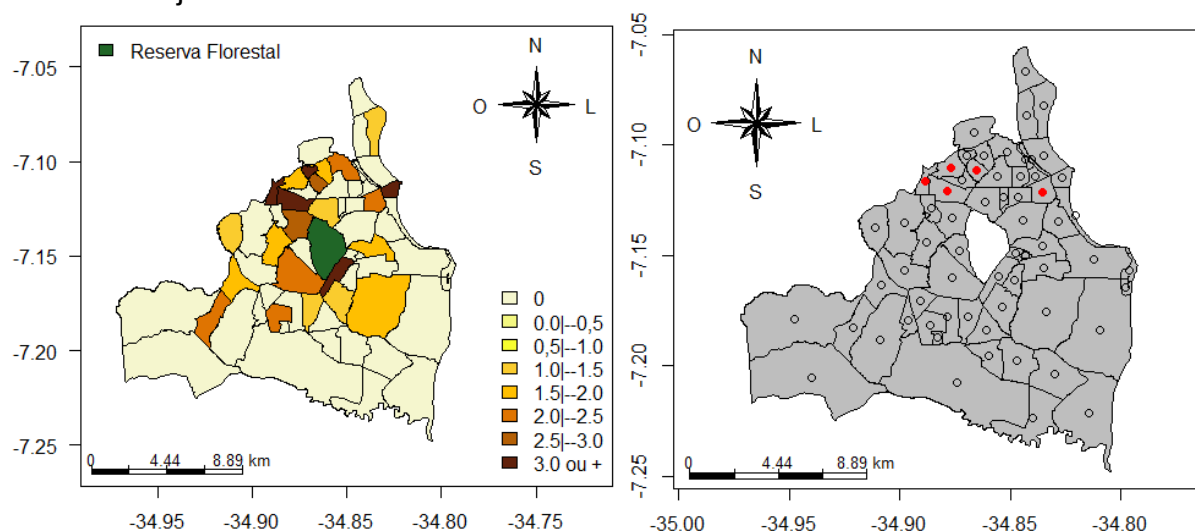
Figura 15: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em maio de 2009



Legenda: Círculos em vermelho representam os conglomerados estatisticamente significativos.

Padrão espacial similar a 2009, foi observado nos meses de 2010, onde os bairros localizados ao norte e oeste foram os com maior RR, como é o caso dos bairros do Centro, Varadouro, Roger, Padre Zé e Rangel. Os bairros dos Bancários e Mangabeira, localizados ao sul, também apresentaram elevado RR (Figura 16). A análise Scan espacial detectou conglomerados espaciais estatisticamente significativos localizados principalmente na região norte, contudo nos meses de março, abril, setembro e dezembro os conglomerados se encontravam em sua maioria ao sul de João Pessoa (Figura 16).

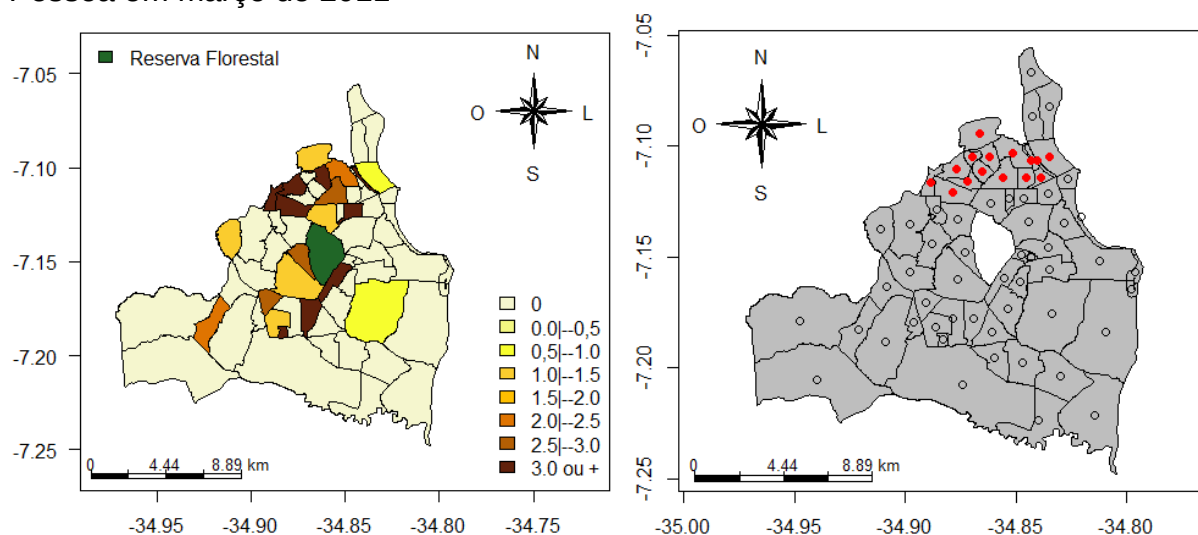
Figura 16: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em julho de 2010



Legenda: Círculos em vermelho representam os conglomerados estatisticamente significativos.

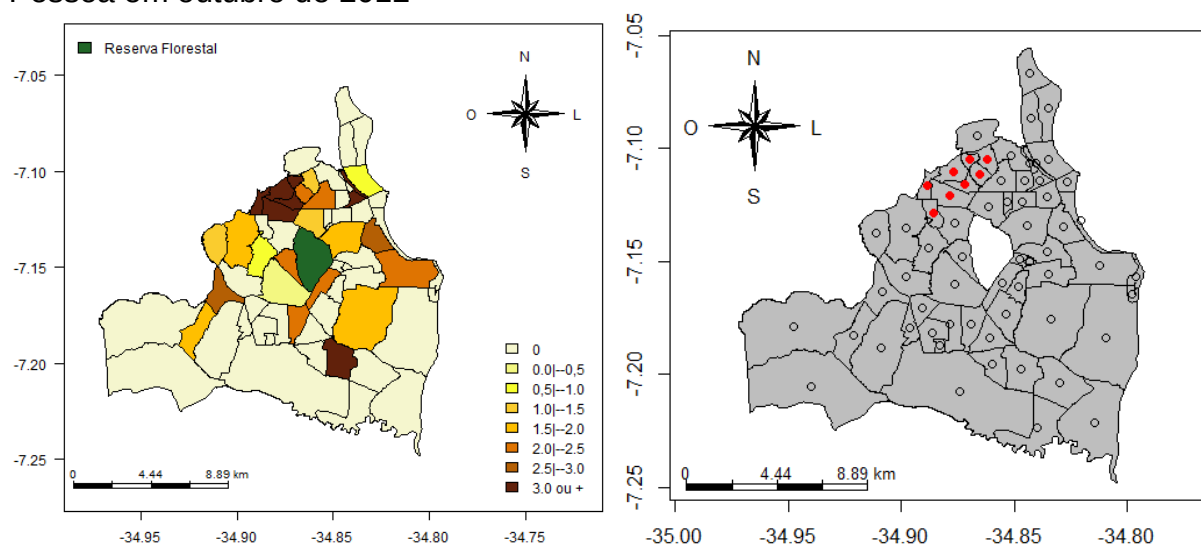
Para o ano de 2011, foi observado no decorrer dos meses, um padrão espacial focado para o norte do município, com maior RR nos bairros do Centro, Varadouro, Roger, Padre Zé e Rangel (Figura 17). Contudo, nos meses de novembro e dezembro apenas os bairros do Centro, Varadouro, Roger, Padre Zé, Mandacaru, Torre, Ernesto Geisel, Cidade dos Colibris, Bancários e Valentina tiveram RR maior que zero e além disso todos com valores elevados. Foram detectados conglomerados espaciais principalmente ao norte e oeste de João Pessoa, incluindo os bairros com maior RR e alguns bairros vizinhos (Figura 17).

Figura 17: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em março de 2011



Durante o ano 2012 ocorreu maior concentração de bairros com elevado RR na região norte e oeste exceto no mês de maio onde essa concentração ocorreu ao sul de João Pessoa. Os bairros do Centro, Varadouro, Roger, Padre Zé, Mandacaru continuam entre os bairros com maiores valores de RR (Figura 18). Em todos os meses foram detectados conglomerados espaciais significativos na região norte e oeste, contudo em fevereiro e maio observa-se maior concentração ao sul do município de João Pessoa (Figura 18).

Figura 18: Mapa de risco relativo (esquerda) e Scan espacial (direita) para João Pessoa em outubro de 2012



5.3 Análise espaço-temporal dos dados

A análise Scan espaço-temporal foi aplicada para o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2006 e para o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2012 devido a mudanças conformacionais dos bairros de João Pessoa ocorrido em 2007, sendo necessário utilizar dois mapas diferentes para a realização da análise. Tanto na análise do primeiro período como na do segundo período, foram identificados seis conglomerados estatisticamente significativos.

Como pode ser observado na Figura 19 e 20, a maior parte dos conglomerados estão localizados ao norte e oeste do município. No primeiro período, o maior conglomerado foi formado pelos bairros Ilha do Bispo, Cruz das Armas e Rangel, enquanto que no segundo período o maior conglomerado foi formado por sete bairros, Centro, Varadouro, Roger, Tambiá, Padre Zé, Treze de Maio e Mandacaru.

Quanto aos tempos de persistência dos conglomerados, ou seja, o tempo de duração do conglomerado desde seu surgimento até seu fim, no primeiro período o menor tempo de persistência foi de 23 meses e o maior, de 30 meses. Quanto ao segundo período, o menor e maior tempo de persistência foi de 21 e 36 meses respectivamente.

Figura 19: Mapa Scan espaço-temporal de João Pessoa durante o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2006.

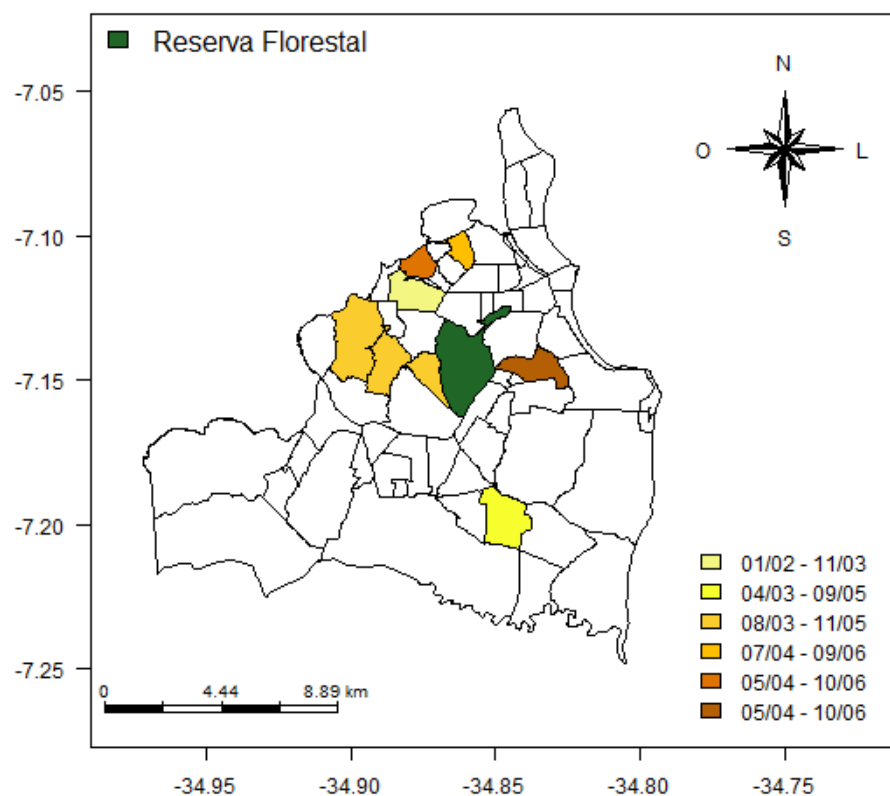
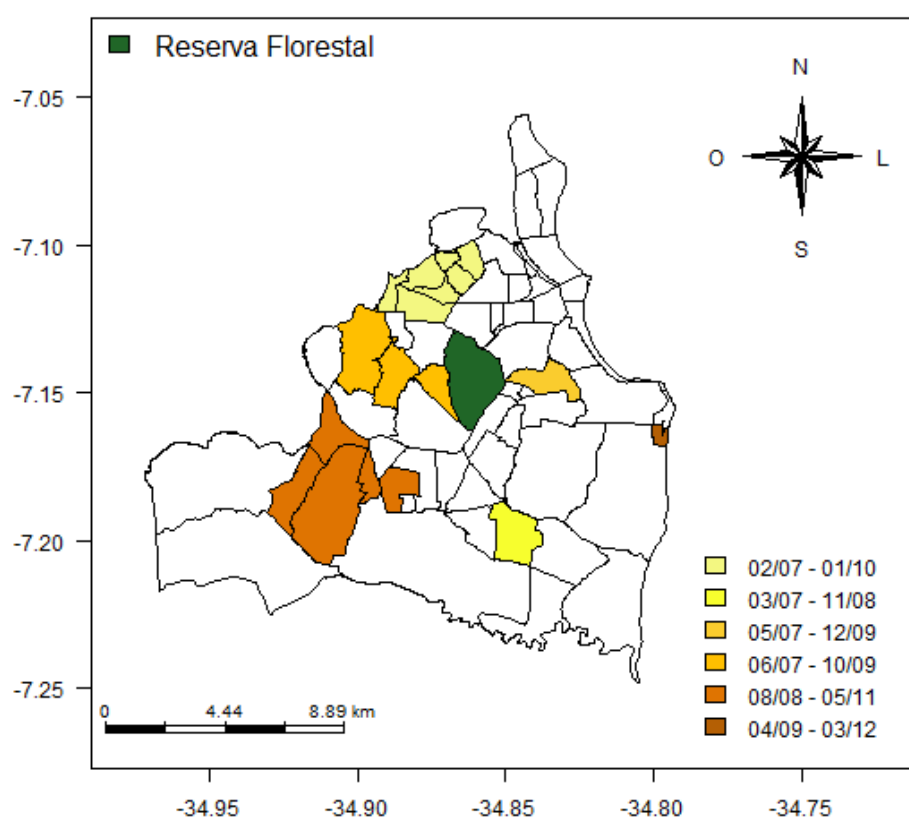


Figura 20: Mapa Scan espaço-temporal de João Pessoa durante o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2012.



As informações quanto ao tempo de persistência, período, RR, significância e os bairros envolvidos em cada conglomerado espaço-temporal significativo nos períodos avaliados, estão representados na Tabela 5 e Tabela 6.

Tabela 5: Conglomerados espaço-temporais significativos para Tuberculose no município de João Pessoa durante o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2006.

Período	Bairros	Persistência (Meses)	Nº de casos	Casos esperados	RR	P-valor
01/02 - 11/03	Centro	23	29	5,29	2,56	12×10^{-8}
04/03 - 09/05	Valentina	30	58	6,26	9,54	$< 10^{-18}$
08/03 - 11/05	Ilha do Bispo; Cruz das Armas; Rangel	28	145	57,78	2,64	22×10^{-17}
07/04 - 09/06	Mandacaru	27	71	37,03	1,95	0,016
05/04 - 10/06	Roger	30	59	11,88	5,10	22×10^{-17}
05/04 - 10/06	Bancários	30	39	13,63	2,9	0,001

Tabela 6: Conglomerados espaço-temporais significativos para Tuberculose no município de João Pessoa durante o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2012.

Período	Bairros	Persistência (Meses)	Nº de casos	Casos esperados	RR	P-valor
02/07 - 01/10	Centro; Varadouro; Roger; Tambiá; Padre Zé; Treze de Maio; Mandacarú	36	247	85,10	3,11	$< 10^{-18}$
03/07 - 11/08	Valentina	21	52	23,35	2,25	0,022
05/07 - 12/09	Bancários	32	44	15,56	2,86	37×10^{-5}
06/07 - 10/09	Ilha do Bispo; Cruz das Armas; Rangel	29	128	70,01	1,87	43×10^{-7}
08/08 - 05/11	Distrito Industrial; Bairro das Indústrias; Jardim Veneza; Costa e Silva; Funcionários	34	131	78,46	1,71	0,003
04/09 - 03/12	Penha	36	13	1,36	9,58	3×10^{-4}

5.4 Correlação de Spearman

Para avaliar se as variáveis climáticas coletadas podem estar exercendo algum efeito sobre a Tuberculose, foi avaliada a correlação entre a taxa de incidência de Tuberculose por 10000 habitantes com cada variável climática através da correlação de Spearman. Os resultados obtidos estão organizados na Tabela 7.

Como pode ser observado, apenas a variável “Média mensal de temperatura mínima” foi significativa, apresentando um p-valor de 0,0433, contudo sua correlação com a taxa de incidência de Tuberculose por 10000 habitantes foi fraca ($\rho_s = -0,1762$). Portanto, mesmo sendo significativa, a variável não exerce efeitos sobre a incidência de Tuberculose.

Tabela 7: Teste de correlação de Spearman – Taxa de incidência de Tuberculose por 10000 habitantes versus variáveis climáticas.

Variáveis climáticas	ρ_s	p-valor
INPE		
Média mensal da pressão reduzida ao nível do mar (hPa)	0,1218	0,1833
Média mensal da temperatura máxima do ar (°C)	-0,0168	0,8653
Média mensal da temperatura mínima do ar (°C)	-0,0697	0,4801
Média mensal da temperatura do ponto de orvalho (°C)	0,0519	0,5716
AESA (DFAARA)		
Total mensal da precipitação (mm)	0,0235	0,7893
AESA (Mangabeira)		
Total mensal da precipitação (mm)	0,0396	0,6674
AESA (Mares)		
Total mensal da precipitação (mm)	-0,0143	0,8737
INMET		
Média mensal da insolação (horas)	-0,0224	0,7983
Média mensal da umidade relativa do ar (%)	-0,0516	0,5568
Total mensal da precipitação (mm)	0,0332	0,7057
Média mensal da temperatura máxima (°C)	-0,0001	0,9988
Média mensal da temperatura mínima (°C)	-0,1588	0,0690
Média mensal da temperatura no bulbo seco (°C)	-0,0167	0,8491
Média mensal da temperatura no bulbo úmido (°C)	-0,0451	0,6074
Média mensal da pressão atmosférica ao nível da estação (mbar)	-0,0158	0,8575

CONTINUA

Tabela 7: Conclusão

Variáveis climáticas	ρ_s	p-valor
LES		
Média mensal da insolação (horas)	0,0097	0,9251
Média mensal da umidade relativa do ar (%)	-0,0417	0,6351
Total mensal da precipitação (mm)	0,0343	0,6959
Média mensal da temperatura máxima (°C)	-0,0183	0,8348
Média mensal da temperatura mínima (°C)	-0,1762	0,0433
Média mensal da temperatura no bulbo seco (°C)	0,0325	0,7545
Média mensal da temperatura no bulbo úmido (°C)	-0,0704	0,4977
Média mensal da pressão atmosférica ao nível da estação (mbar)	-0,0279	0,7507

5.5 Modelo de decisão baseado em lógica *fuzzy*

Os resultados obtidos nas análises anteriormente descritas foram utilizados na elaboração do modelo de decisão baseado em lógica *fuzzy* para o município de João Pessoa. Logo, foram utilizadas as seguintes variáveis linguísticas de entrada: Risco relativo, Scan espacial, Scan espaço-temporal, tempo do conglomerado espaço-temporal, persistência do conglomerado espaço-temporal e a correlação de Spearman dos últimos 5 meses, essa última calculada para medir a associação entre os riscos relativos dos bairros nos últimos 5 meses em relação ao mês analisado pelo modelo de decisão, o que permite determinar para cada bairro sua tendência quanto aos graus de prioridade. Como variável linguística de saída foi utilizado o grau de prioridade dos bairros analisados para o combate da Tuberculose. As variáveis linguísticas estão descritas na Tabela 8 juntamente com seus termos linguísticos e universo de discurso.

Tabela 8: Descrição das variáveis linguísticas usadas no modelo de decisão baseado em lógica *fuzzy*.

Variáveis linguísticas	Termos linguísticos	Universo de discurso
Variável de entrada		
Risco relativo	Muito alto	[1.92 2.012 3 17.1]
	Alto	[1.4 1.52 1.91 2.018]
	Médio	[0.89 1.02 1.42 1.496]
	Baixo	[0.412 0.501 0.9121 1]
	Muito Baixo	[-1 -0.12 0.413 0.5]
Scan espacial	Com Scan	[0.999 1 1]
	Sem Scan	[0 0 0.001]
Scan espaço-temporal	Com Scan	[0.999 1 1]
	Sem Scan	[0 0 0.001]
Tempo do conglomerado espaço-temporal	Muito Recente	[78.9 82.5 123 159]
	Recente	[36.1 40.9 78.9 82.3]
	Não Recente	[-36 1 37.1 40.19]
Persistência do conglomerado espaço-temporal	36 meses	[24.54 36 39.6]
	24 meses	[12.4 24 36.2]
	12 meses	[0 12 24.3]
	Sem persistência	[-14.4 0 12.02]
Correlação de Spearman	Alta positiva	[0.68 0.7 1 1.5]
	Moderada Positiva	[0.28 0.3 0.68 0.7]
	Fraca	[-0.3 -0.28 0.28 0.3]
	Moderada negativa	[-0.7 -0.68 -0.3 -0.28]
	Alta negativa	[-1.5 -1 -0.7 -0.68]
Variável de saída		
Grau de prioridade	Prioritário	[0.721 0.9 1.03 1.3]
	Tendência a prioritário	[0.397 0.6 0.7 0.9233]
	Tendência a não prioritário	[0.07855 0.301 0.401 0.602]
	Não prioritário	[-0.3 -0.0333 0.1 0.2855]

Quanto às funções de pertinência construídas, as variáveis risco relativo (Figura 21), tempo de conglomerado espaço-temporal (Figura 22), correlação de Spearman (Figura 23) e a variável de saída, grau de prioridade (Figura 24), foram do tipo trapezoidal, enquanto as variáveis persistência do conglomerado espaço-temporal (Figura 25), Scan espacial (Figura 26), Scan espaço-temporal (Figura 27), foram do tipo triangular. É importante esclarecer que as variáveis Scan espacial e

Scan espaço-temporal são variáveis crisp e não pertence aos conjuntos fuzzy, contudo, por uma limitação do *software* utilizado para a elaboração do modelo de decisão, MATLAB, que não permite a inclusão deste tipo de variável no modelo, foi necessário admitir as duas variáveis como funções de pertinência triangulares.

Figura 21: Função de pertinência para a variável linguística risco relativo.

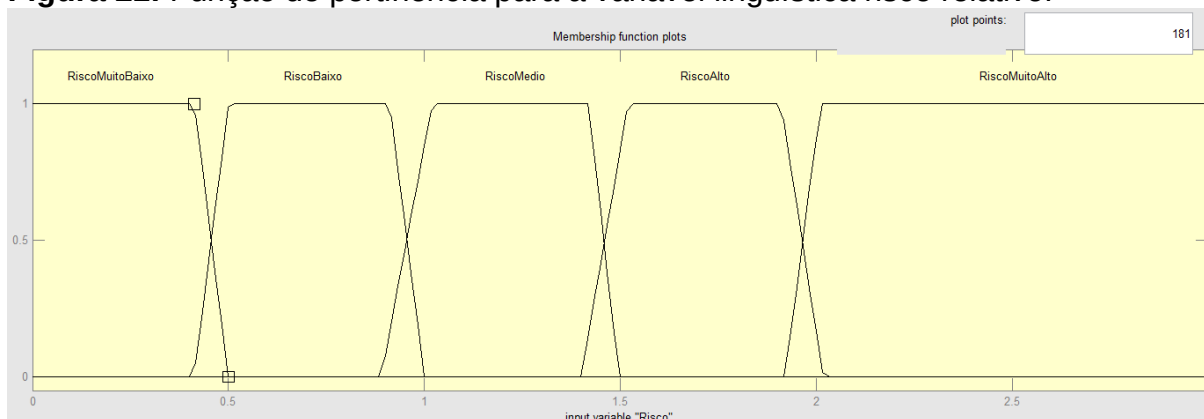


Figura 22: Função de pertinência para a variável linguística tempo de conglomerado espaço-temporal.

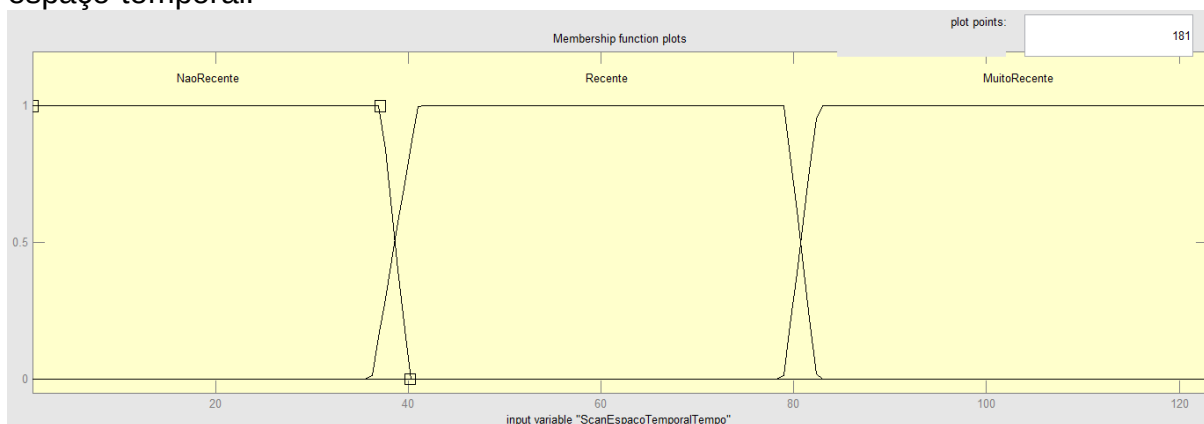


Figura 23: Função de pertinência para a variável linguística correlação de Spearman.

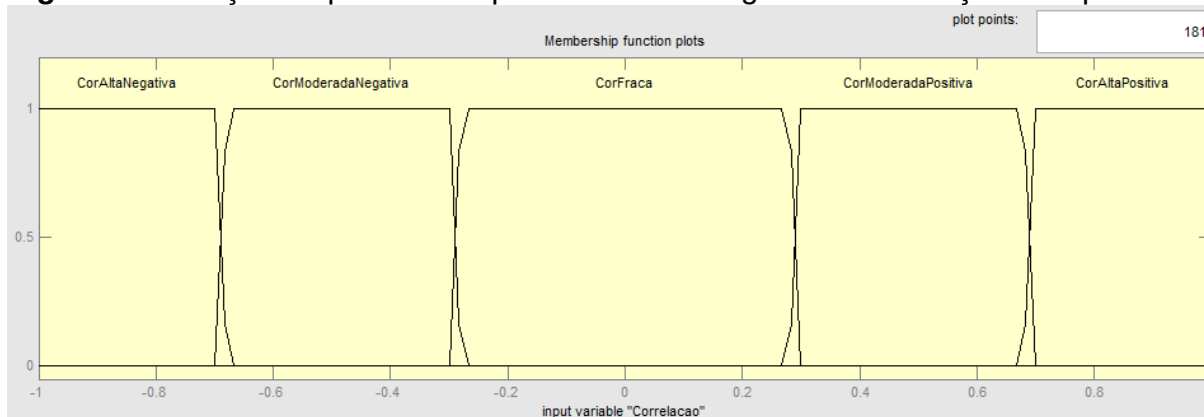


Figura 24: Função de pertinência para a variável linguística grau de prioridade.

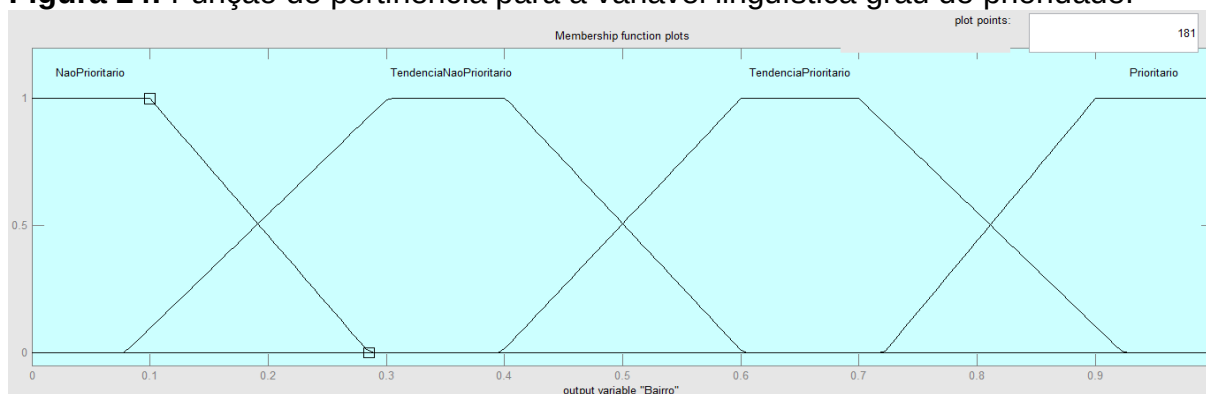


Figura 25: Função de pertinência para a variável linguística persistência do conglomerado espaço-temporal.

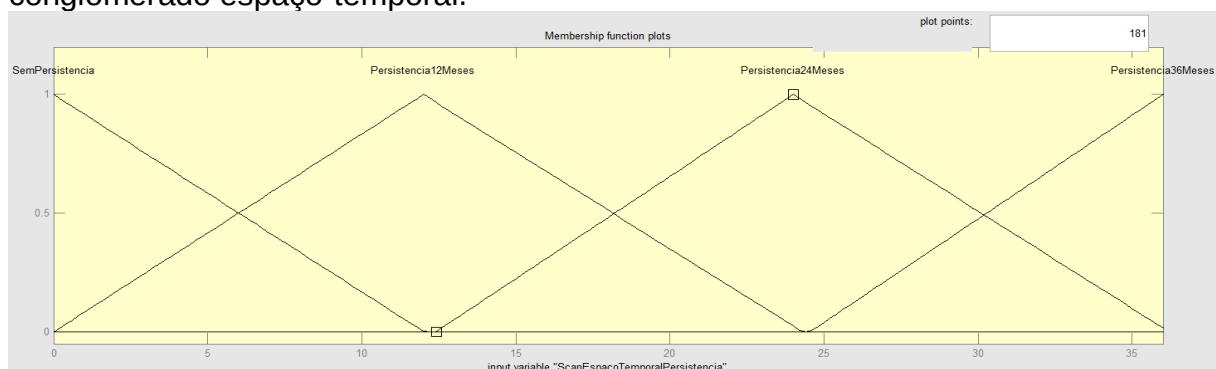


Figura 26: Função de pertinência para a variável linguística Scan espacial.

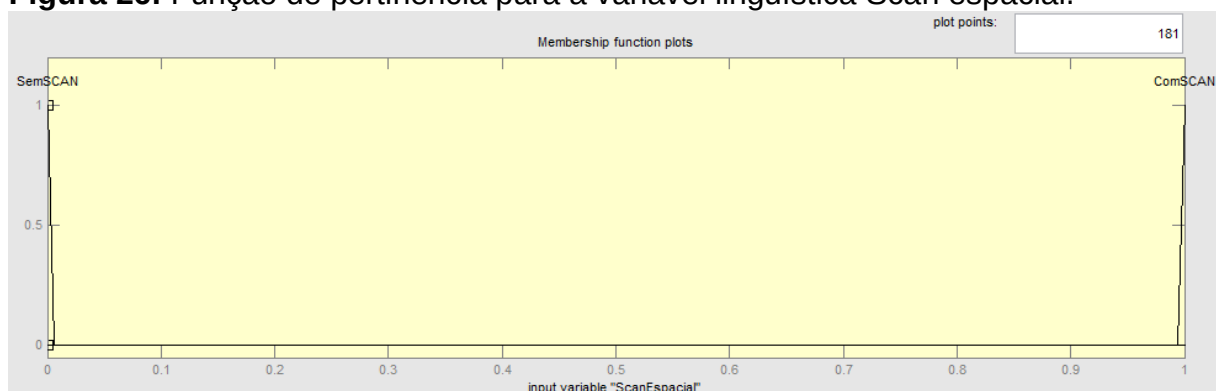


Figura 27: Função de pertinência para a variável linguística Scan espaço-temporal.



Após a construção das funções de pertinências, foram elaboradas as regras *fuzzy*, fazendo uso de todas as seis variáveis linguísticas de entrada e a variável de saída. Além disso, teve-se como referência para a elaboração e avaliação das regras, dados dos meses anteriores ao mês foco da análise, dezembro de 2012. Dessa forma, foram gerados o total de 266 regras que foram implementadas no modelo de decisão baseado em lógica *fuzzy*. As regras estão disponíveis para consulta no Anexo IV, contudo, segue como exemplo uma das regras usadas:

If (Risco is RiscoMuitoBaixo) and (ScanEspacial is SemSCAN) and (ScanEspacoTemporal is ComSCAN) and (ScanEspacoTemporalTempo is Recente) and (ScanEspacoTemporalPersistencia is Persistencia36Meses) and (Correlacao is CorModeradaNegativa) then (Bairro is TendenciaPrioritario).

Após a elaboração do modelo de decisão, o mesmo foi aplicado a cada bairro do município de João Pessoa no mês de dezembro de 2012, com o intuito de determinar os graus de prioridade dos bairros quanto a necessidade de ações para o controle da Tuberculose. Na Figura 28 observa-se uma das saídas geradas pelo modelo de decisão. Cada coluna presente na figura representa uma variável linguística (respectivamente: risco, Scan espacial, Scan espaço-temporal, tempo de conglomerado espaço-temporal, persistência do conglomerado espaço-temporal, correlação de Spearman e grau de prioridade) e cada linha consiste em uma regra implementada no modelo, que devido à grande quantidade de regras, apenas as regras 231 a 266 foram apresentadas na figura. Quando uma variável linguística é ativada, a área da função de pertinência fica destacada na cor amarela, enquanto que as não ativadas permanecem brancas. Uma regra é ativada quando as informações do bairro ativam todas as funções de pertinência que compõem essa regra, nesses casos, a última coluna, que representa a variável de saída, fica na cor azul. Na última linha da coluna referente ao grau de prioridade do bairro quanto a Tuberculose, tem-se o resultado do modelo para o bairro, que também fica ativo em azul, fornecendo uma agregação dos resultados das regras ativadas para este bairro e a resposta do modelo é dado pelo método do centroide que está representado por um traço vermelho. No caso da Figura 28, a saída corresponde ao bairro do Bessa para o mês de dezembro de 2013, o qual foi classificado como não prioritário. Na Figura 29 e 30,

pode ser observado a saída gerada para os bairros do Padre Zé em outubro de 2007 e Centro em Dezembro de 2013, os quais foram classificados como tendência a não prioritário e tendência a prioritário respectivamente. E na Figura 31, apresenta o resultado referente ao bairro do Mandacaru em outubro de 2007, classificado como prioritário.

Figura 28: Resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado ao bairro do Bessa em dezembro de 2013.

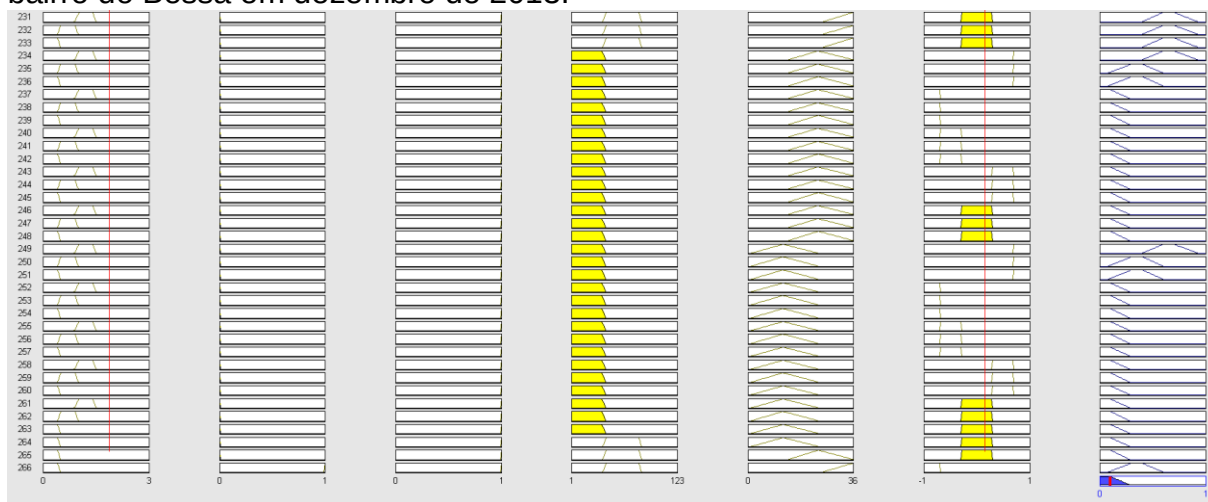


Figura 29: Resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado ao bairro do Padre Zé em outubro de 2007.

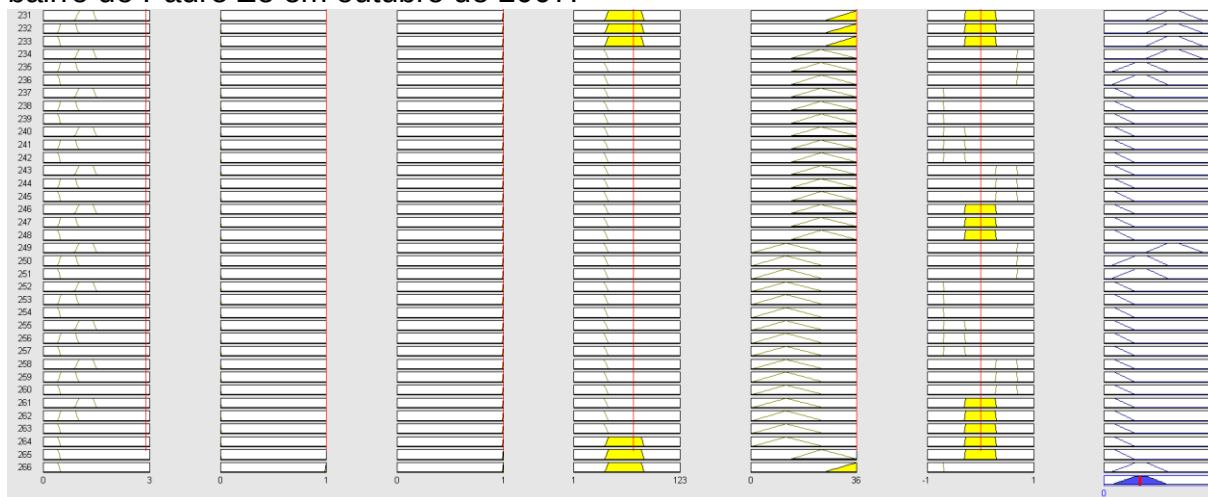


Figura 30: Resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado ao bairro do Centro em dezembro de 2013.

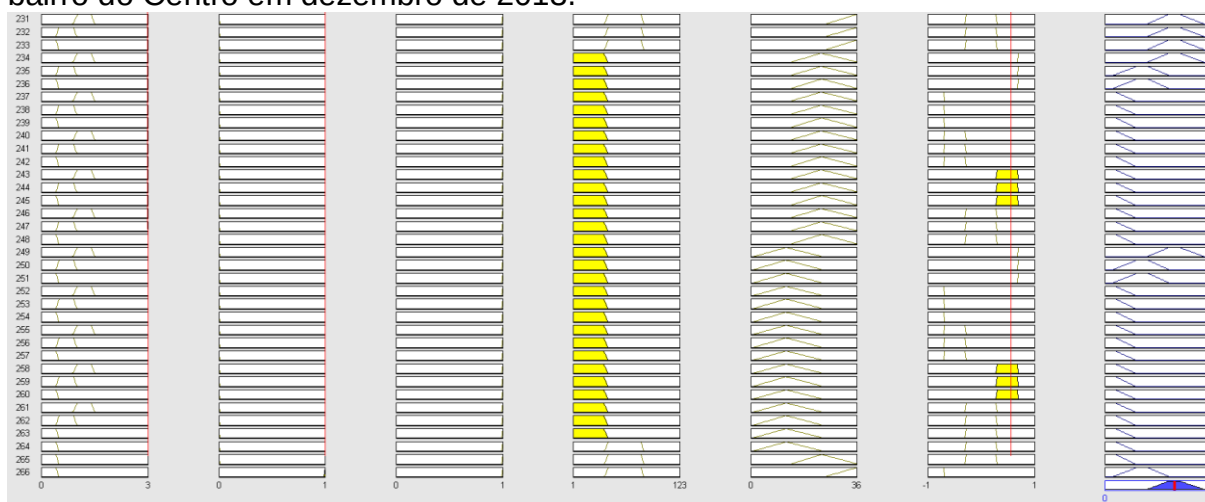


Figura 31: Resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado ao bairro do Mandacaru em outubro de 2007.



Para melhor visualização, os resultados obtidos através da aplicação do modelo de decisão baseado em lógica *fuzzy* foram plotados em mapas coropléticos com a identificação dos graus de prioridade dos bairros, como pode ser observado na Figura 32, que representa os graus de prioridade dos bairros de João Pessoa para o mês de outubro de 2007. Os resultados obtidos para dezembro de 2012, mês foco da pesquisa, podem ser visualizados na Figura 33. Como pode ser observado no mapa da Figura 33, os bairros do Centro e Varadouro foram categorizados como tendência a prioritário, enquanto que os demais bairros, categorizados como não prioritários para o mês de dezembro de 2012.

Figura 32: Mapa com os resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado aos bairros de João Pessoa em outubro de 2007.

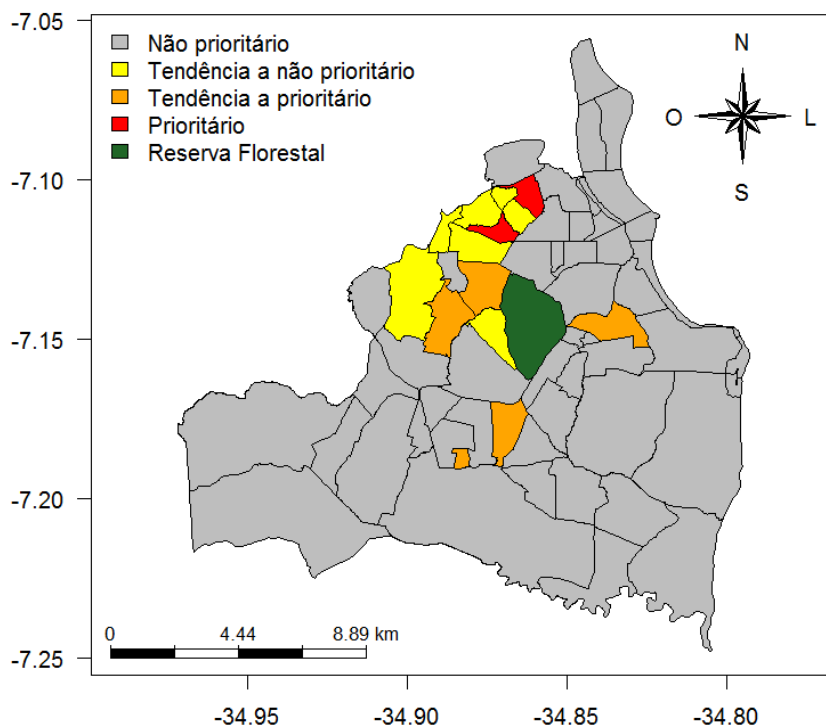
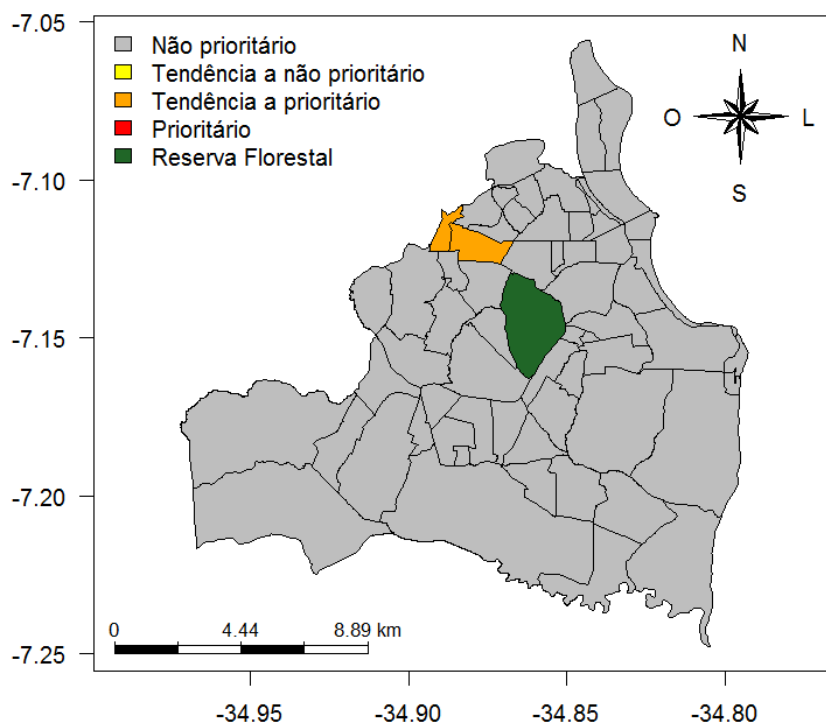


Figura 33: Mapa com os resultado do modelo de decisão baseado em lógica fuzzy aplicado aos bairros de João Pessoa em dezembro de 2012.



6 DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos na análise descritiva, foi possível verificar a ausência de padrão entre os meses com maior taxa de incidência no decorrer do período de 2002 a 2012, bem como também não foi identificado picos elevados, característico da ocorrência de epidemias. Da mesma forma, não foi verificado sazonalidade para a Tuberculose no município de João Pessoa, o que não corrobora com as pesquisas de MacLachlan, Lavender e Cowie (2012), Willis et al. (2012), Naranbat et al. (2009), Akhtar e Mohammad (2008), Leung et al. (2005), Atun et al. (2005), Thorpe et al. (2004), que detectaram sazonalidade em diferentes partes do mundo, respectivamente na Austrália, Estados Unidos, países da Ásia Oriental, Kuwait, Hong Kong, Rússia, Índia, contudo corrobora com o Ministério da Saúde, que traz como realidade do Brasil a ausência de variações sazonais ou cíclicas na Tuberculose (BRASIL, 2009a).

Com base nos dados climáticos, foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman entre a taxa de incidência da Tuberculose e as variáveis climáticas coletadas para verificar a existência de associação entre as variáveis. Entretanto, com exceção da variável “Média mensal da temperatura mínima” que apresentou baixa correlação, nenhuma das variáveis analisadas foram significativas, demonstrando não possuir correlação com a Tuberculose. Esses resultados demonstram que para o município de João Pessoa, o clima não exerce nenhum efeito sobre a incidência de Tuberculose. Essa variáveis eram de grande importância, pois poderiam estar afetando diretamente o bacilo, devido a sua sensibilidade ao calor e radiação ultravioleta (HINRICHSSEN, 2005), bem como os indivíduos, em decorrência de questões socioeconômicas, como a aglomeração desordenada, falta de saneamento básico, desnutrição e condição imunitária.

Na análise espacial, foi possível observar que em praticamente todos os meses, os bairros localizados na região norte do município apresentaram os maiores valores de RR, situação essa que também foi verificada com os resultados da análise Scan espacial, que considerou esses bairros como conglomerados estatisticamente significativos. Destacaram-se na análise espacial os bairros do Centro, Varadouro, Roger, Padre Zé e Mandacaru, por se apresentarem em grande parte dos meses com risco muito alto e, conseqüentemente, formando conglomerados de alto risco.

Resultado semelhante foi obtido no estudo realizado por Silva e Moraes (2010) ao avaliar a distribuição espacial da Tuberculose em João Pessoa durante os anos de 2007 e 2008, fazendo uso de mapas de risco relativo e do método de detecção de conglomerados espaciais Besag e Newell. Os resultados foram equivalentes aos obtidos para os meses dos respectivos anos analisados nessa pesquisa, tendo os maiores riscos localizados na região norte e sul do município, destacando-se os bairros do Centro, Varadouro, Mandacaru e Mangabeira e a maior concentração de conglomerados espaciais significativos na região norte.

Os bairros que se destacaram na análise espacial por apresentarem risco muito alto e formarem conglomerados significativos, mantiveram essa característica ao longo do tempo, como foi observado na análise Scan espaço-temporal, que detectou conglomerados significativos formados por esses bairros. Com base na análise espacial e espaço-temporal, o fato de os conglomerados estarem voltados principalmente para a região norte do município, indica a existência de uma barreira geográfica nesses bairros que está propiciando as condições necessárias para o desenvolvimento da Tuberculose.

O modelo de decisão baseado em lógica *fuzzy* elaborado neste trabalho, foi desenvolvido com o intuito de determinar o grau de prioridade dos bairros de João Pessoa, para direcionar as ações de controle da Tuberculose. Devido a isso, foram utilizados as informações obtidas nas análises espaciais, espaço-temporais e as obtidas com a correlação dos últimos cinco meses em relação ao mês analisado pelo modelo, esta última, utilizada para aumentar a precisão do modelo, possibilitando identificar não apenas se o bairro é prioritário ou não, mas também, se ele possui tendência a prioritário ou não prioritário. O mês analisado, dezembro de 2012, fornece as informações mais recentes com base nos dados disponíveis dos casos de Tuberculose, o que permite ao gestor, tomar decisões mais coerentes com a realidade atual dos bairros.

As análises permitiram verificar que o modelo foi capaz de determinar adequadamente os graus de prioridades dos bairros de João Pessoa com base nos dados disponíveis. É importante destacar que o modelo desenvolvido, apesar de ser robusto, fornece resultados de fácil compreensão e além disso, pode ser utilizado para outros períodos de tempo bem como outras localizações, desde que seja levado em consideração as variáveis *fuzzy* e termos linguísticos utilizados no modelo, sendo em

alguns casos, necessário apenas ajustes no universo de discurso das funções de pertinência.

6.1 Contribuições e limitações da pesquisa

Esta pesquisa teve como contribuição, a aplicação de um modelo de decisão capaz de identificar os graus de prioridade dos bairros de João Pessoa, e assim, direcionar as ações de controle da Tuberculose. Contudo, o modelo foi desenvolvido de forma a se adequar às localidades, bem como períodos de tempo diferentes daqueles aqui apresentados.

Uma das principais limitações encontradas, estão relacionadas com a quantidade de estações climáticas disponíveis, uma vez que João Pessoa possui apenas sete estações climáticas, das quais quatro medem exclusivamente a variável precipitação, restando apenas três estações para medir as demais variáveis, uma quantidade reduzida, que impossibilitou a metodologia inicialmente proposta para a análise desses dados, que foi a interpolação pela krigagem por indicação. Outro problema com os dados climáticos consistiu na falta de padronização das variáveis disponíveis nas estações bem como as unidades de medida das mesmas, dificultou e inviabilizou o tratamento e análise dos dados pela krigagem, onde uma estação tinha a capacidade de registrar uma determinada variável que outra estação não era capaz de registrar. Outra limitação encontrada consiste na subnotificação dos casos de Tuberculose, problema esse encontrado sempre que se trabalha com dados secundários de notificações e agravos, o que impede às pesquisas fornecerem resultados coerentes, subestimando a situação real da população.

7 CONCLUSÃO

Com as análises realizadas, foi possível verificar ausência de sazonalidade na taxa de incidência da Tuberculose no município de João Pessoa, não sendo identificado meses ou períodos caracterizados por alta ou baixa taxa de incidência durante o período de janeiro 2002 a dezembro de 2012. Também foi constatado que o clima não exerce nenhuma influência sobre a Tuberculose em João Pessoa.

A análise mensal dos mapas de RR permitiu identificar que os bairros com os maiores valores de RR estavam concentrados quase que exclusivamente na região norte do município, destacando-se os bairros do Centro, Varadouro, Roger, Padre Zé e Mandacaru. Ao serem comparados com os resultados da análise Scan espacial, os bairros com RR elevado foram também classificados como conglomerados estatisticamente significativos, e devido a isso a maior concentração dos conglomerados estavam localizados na região norte do município.

Foram detectados 12 conglomerados espaço-temporais significativos durante o período de estudo, os quais estão localizados principalmente ao norte e oeste de João Pessoa, demonstrando a persistência dos bairros dessas regiões como conglomerados significativos de alto risco.

O modelo de decisão baseado em lógica *fuzzy* proposto nesta pesquisa, foi capaz de classificar de forma adequada os graus de prioridade para Tuberculose em João Pessoa, auxiliando os gestores de saúde a direcionar suas ações para o controle da Tuberculose de acordo com a realidade encontrada no município.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKHTAR, S.; MOHAMMAD, G. H. H. Seasonality in pulmonary tuberculosis among migrant workers entering Kuwait. **BMC infectious diseases**, v. 8, n. 3, p. 1-6, 2008.

ARNEDO-PENA, A. et al. Latent tuberculosis infection, tuberculin skin test and vitamin D status in contacts of tuberculosis patients: A cross-sectional and case-control study. **BMC Infectious Diseases**, v. 11, n. 1, p. 349-356, 2011.

ATUN, R.A. et al. Seasonal variation and hospital utilization for tuberculosis in Russia: hospitals as social care institutions. **European Journal of Public Health**, v.15, n. 4, p. 350-354, 2005.

BESAG, J.; NEWELL, J. The Detection of Clusters in Rare Diseases. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 154, n.1, p.143-155, 1991.

BOWONG, S.; KURTHS, J. Modeling and analysis of the transmission dynamics of tuberculosis without and with seasonality. **Nonlinear Dyn**, v. 67, n. 3, p. 2027-2051, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual Técnico para o Controle da Tuberculose**. 6. Ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2002a. 62 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Tuberculose: Guia de Vigilância Epidemiológica**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002b. 100 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Abordagens espaciais na saúde pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 136 p. (Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde)

BRASIL. Organização Pan-Americana Da Saúde. **Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2008. 40 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de Vigilância Epidemiológica**. 7. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2009a. 816 p.

BRASIL. Organização Pan-Americana Da Saúde. **Mudança Climática e Saúde: Um perfil do Brasil**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2009b. 44 p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à ciência da geoinformação**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2001. 345p.

CARDOSO, G.C.; ABALO, R.G.; ROMERO, G.C. Validación de dos metodos de detección de conglomerados temporales usando un modelo de epidemia simple. **Revista Investigación Operacional**, v. 24, n. 1, p. 86-92, 2003.

CARVALHO, M.S.; PINA, M.F.; SANTOS, S.M. **Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2000. 124 p.

CARVALHO, M. S.; SANTOS, R S. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n.2, p. 361-378, 2005.

COSTA, D.C.S. **Tomada de decisão baseada em lógica Fuzzy e na distribuição espacial da mortalidade por acidentes de trânsito na cidade de João Pessoa – PB**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Modelos de Decisão e Saúde, Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

COSTA, M. A.; ASSUNÇÃO, R.M. A fair comparison between the spatial scan and the Besag-Newell Disease clustering tests. **Environmental and Ecological Statistics**, v. 12, n. 3, p. 301-319, 2005.

COSTA, M. A.; SCHRERRER, L.R.; ASSUNÇÃO, R.M. Detecção de Conglomerados Espaciais com Geometria Arbitrária. **Informática Pública**, v. 8, n. 1, p. 23-34, 2006.

COULSTON, J.W.; RIITTERS, K.H. Geographic Analysis of Forest Health Indicators Using Spatial Scan Statistics. **Environmental Management**, v. 31, n. 6, p. 764-773, 2003.

DIAS, J.C. **O clima na cura da tuberculose pulmonar**. 1920. 110 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina do Porto, Porto, 1920.

DOUGLAS, A.S.; STRACHAN, D.P.; MAXWELL, J.D. Seasonality of tuberculosis : The reverse of other respiratory diseases in the UK. **Thorax**, v. 51, n. 9, p. 944-946, 1996.

FERNANDES, A.M.R., **Inteligência artificial aplicada à saúde**, Visual Books, 2004. 196 f.

FULLER, D.O.; TROYO, A.; BEIER, J.C. El Niño Southern Oscillation and vegetation dynamics as predictors of dengue fever cases in Costa Rica. **Environmental Research Letters**, v. 4, n. 1, p. 140111-140118, 2009.

GOMES, R.G.S. **Modelagem da incidência do dengue através de aspectos climáticos, entomológicos e sócio-demográficos no município de João Pessoa, Paraíba**. 2011. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Modelos de Decisão e Saúde, Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

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

GOMIDE, F.A.C.; GUDWIN, R.R. Modelagem, Controle, Sistemas e Lógica Fuzzy. **SBA Controle & Automação**, v. 4, n. 3, p. 97-115, 1994.

HINO, P. et al. Série histórica da mortalidade por tuberculose no Brasil (1980-2001). **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 15, n.5, p. 936-941, 2007.

HINRICHSEN, S.L. **DIP: Doenças Infecciosas e Parasitárias**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. 1136 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=250750&search=paraibaj> oao-pessoa >. Acesso em: 22 jan. 2013.

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

KONGCHOUY, N. et al. Modeling the incidence of tuberculosis in southern Thailand. **The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health**, v. 41, n. 3, p. 574-582, 2010.

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

KULLDORFF, M. et al. Evaluating Cluster Alarms: A Space-Time Scan Statistic and Brain Cancer in Los Alamos, New Mexico. **American Journal of Public Health**, v. 88, n. 9, p. 1377-1380, 1998.

KULLDORFF, M. Prospective time periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 164, n.1, p. 61-72, 2001.

LEUNG, C.C. et al. Seasonal pattern of tuberculosis in Hong Kong. **International journal of epidemiology**, v. 34, n. 4, p. 924-930, 2005.

LIU, L.; ZHAO, X.Q.; ZHOU, Y. A Tuberculosis Model with Seasonality. **Bulletin of Mathematical Biology**, v. 72, n. 4, p. 931-952, 2010.

LUCENA, K.D.T. **Análise espacial da violência doméstica contra a mulher entre os anos de 2002 e 2007 em João Pessoa**. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Modelos de Decisão e Saúde, Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

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. 4, p. 544-561, 2009.

LUCENA, S.E.F.; MORAES, R.M. Detecção de agrupamentos espaço-temporais para identificação de áreas de risco de homicídios por arma branca em João Pessoa, PB. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 18, n. 4, p. 605-623, 2012.

LUCENA, S.E.F. **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**. 2010. 107 f. Monografia - Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

MACLACHLAN, J. H.; LAVENDER, C. J.; COWIE, B. C. Effect of latitude on seasonality of tuberculosis, Australia, 2002-2011. **Emerging Infectious Diseases**, v. 18, n. 11, p. 1879-81, 2012.

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; PARKER, J. **Microbiologia de Brock**. 10. ed. Prentice Hall, 2004. 624p.

MADIGAN, M.T. et al. **Microbiologia de Brock**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 1116p.

MAMDANI, E.H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamics plant. **Proceedings of the Institution of Electrical Engineers**, v. 121, n. 12, p. 1585-1588, 1974.

MARQUES, I.R. et al. Guia de Apoio à Decisão em Enfermagem Obstétrica: aplicação da técnica da lógica fuzzy. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 58, n. 3, p. 349-354, 2005.

MASSAD, E. et al. **Fuzzy logic in action: Applications in epidemiology and beyond**. Springer, 2008. 347 p.

MEDRONHO, R.A. **Epidemiologia**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 790 p.

MORAES, R.M. **Uma arquitetura de sistemas especialistas nebulosos para classificação de imagens utilizando operadores da morfologia matemática**. 1998. 114 f. Tese (Doutorado) – Pós-graduação em Computação Aplicada, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998.

MORAES, R.M.; BANON, G.J.F.; SANDRI, S.A. Fuzzy expert systems architecture for image classification using mathematical morphology operators. **Information Sciences**, v. 142, n.1, p. 7-21, 2002

MORAES, R.M.; SOUZA, I.C.A.; TELES, M.M.F. **Análise Espacial de Dados e Aplicações**. Nota de Minicurso. Encontro Regional de Matemática Aplicada a Computação – ERMAC. João Pessoa-PB-Brasil, 2003.

MOURA, F.R. **Deteccção de clusters espaciais via algoritmo SCAN multi-objeto**. 2006. 51 f. dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Estatística, Departamento de Estatística, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

NARANBAT, N. et al. Seasonality of tuberculosis in an Eastern-Asian country with an extreme continental climate. **European Respiratory Journal**, v. 34, n. 4, p. 921-925, 2009.

OLIVEIRA, D. C. **Elaboração de modelos linguísticos, baseados na teoria de conjuntos fuzzy, para mensuração de qualidade de vida relacionada à saúde**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

OLIVEIRA, S.B.; ROCHA, M.M. Krigagem Indicadora Aplicada aos Litotipos do Depósito de Ni-Cu de Americano do Brasil, GO. **Revista do Instituto de Geociências** – USP, v. 11, n. 2, p. 123-134, 2011.

ORTEGA, N.R.S. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a problemas da Biomedicina**. 2001. 152 f. Tese (Doutorado) – Pós-graduação em Ciências, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

PAIXÃO, L.M.M.; GONTIJO E.D. Perfil de casos de tuberculose notificados e fatores associados ao abandono, Belo Horizonte, MG. **Revista de Saúde Pública**, v. 41, n. 2, p. 205-213, 2007.

PASSINO, K. M.; YURKOVICH, S. **Fuzzy Control**. California: Addison-Wesley Longman, 1997. 502 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2008. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.rproject.org>>. Acesso em: março de 2013.

RUFFINO-NETO, A.; VILLA, T.C.S. **Tuberculose: Implantação do DOTS em algumas regiões do Brasil histórico e peculiaridades regionais**. 1 ed. Instituto do Milênio REDE TB, 2006. 210 p.

SANTOS, L.G. et al. Chronobiology : Relevance for tuberculosis. **Tuberculosis**, v. 92, n. 4, p. 293-300, 2012.

SIEGEL, S; **Estatística não-Paramétrica para as ciências do comportamento**. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2006. 448 p.

SILVA, A.H.A.; MORAES, R.M. Comparação dos métodos scan e getis&ord para detecção de conglomerados espaciais da incidência da tuberculose no município de João Pessoa-Paraíba nos anos de 2004 e 2005. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2. 2008, Recife. **Anais do II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, 2008.

SILVA, A.H.A.; MORAES, R.M. Aplicação do método de Besag & Newell modificado para detecção de conglomerados espaciais de Tuberculose no município de João

Pessoa nos anos de 2007 e 2008. In: Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, 19. 2010, São Pedro. **Anais do XIX Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística**, 2010.

SOUSA, A.C.A. **Modelo de decisão sobre os municípios prioritários para o controle da AIDS no Estado da Paraíba usando lógica FUZZY**. 2012. 174 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Modelos de Decisão e Saúde, Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

SOUSA, C.A. **Teoria de conjuntos fuzzy e regressão logística na tomada de decisão para realização da cintilografia das paratireoides**. 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

TAVARES, R. **Extensões da Estatística Scan Espacial utilizando Técnicas de Otimização Multiobjetivo**. 2009. 127 f. Tese (Doutorado) – Pós-graduação em Estatística, Departamento de Estatística, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

TELES, M.M.F.; MORAES, R. M. **Estudos sobre os Sistemas de Informação Geográfica**. Relatório PIBIC/CNPq. João Pessoa: UFPB, 1999. 28 p. Disponível em: <http://www.de.ufpb.br/~ronei/monica/relatf_monica.tgz>. Acesso em: 05 jan. 2013.

THORPE, L. E.; FRIEDEN, T. R. LASERSON, K. F. Seasonality of tuberculosis in India: is it real and what does it tell us? **Lancet** **2004**, v. 364, p. 1613-14, 2004.

VENDRAMINI, S.H.F, et al. Análise espacial da co-infecção tuberculose/HIV: relação com níveis socioeconômicos em município do sudeste do Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 43, n.5, p. 536-541, 2010.

WILLIS, M.D., et al. Seasonality of tuberculosis in the United States, 1993-2008. **Clinical infectious diseases**, v. 54, n. 11, p. 1553-60, 2012

YAMADA, I; ROGERSON, P.A.; LEE, G. GeoSurveillance: a GIS-based system for the detection and monitoring of spatial clusters. **Journal of Geographical Systems**, v. 11, n. 2, p. 155-173, 2009.

ZADEH, L.A. Fuzzy Sets. **Information and Control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

9 ANEXOS

9.1 Processo da Gerência de Educação na Saúde



Secretaria Municipal de Saúde
Diretoria de Gestão do Trabalho e Educação na Saúde
Gerência de Educação na Saúde – GES



João Pessoa, 28 de novembro de 2013

Processo nº 20.900/2013

ENCAMINHAMENTO

A VIGILÂNCIA SANITÁRIA

Cumprimentando-os cordialmente, encaminhamos a pesquisadora **FREDERICO FÁVARO RIBEIRO**, para a realização da coleta de dados do projeto de pesquisa intitulado **"AVALIAÇÃO DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA TUBERCULOSE NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB"** a ser realizada neste serviço, conforme o processo nº **16.297/2013**.

Sem mais, e visando o bom andamento das pesquisas na Rede SUS de João Pessoa, subscrevo-me.

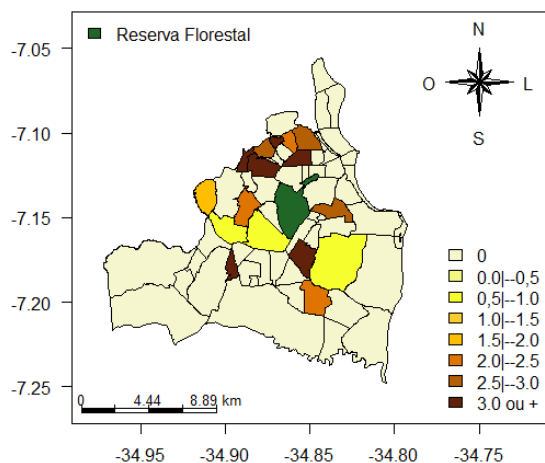
Atenciosamente,


Cristiane M. Poletto
Gerente da Educação na Saúde
Mat.: 66301-1

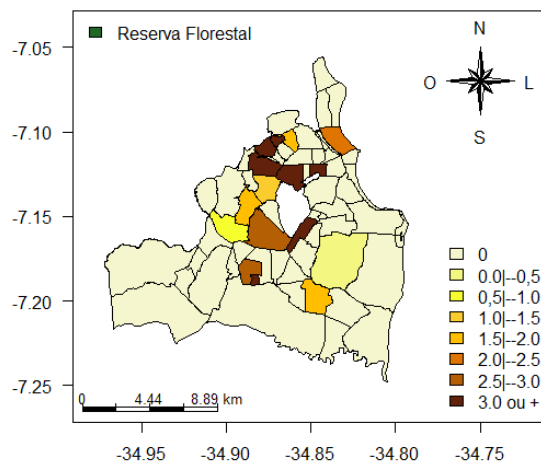
Cristiane Melo Poletto
Gerente da Educação na Saúde

9.2 Mapas de risco relativo

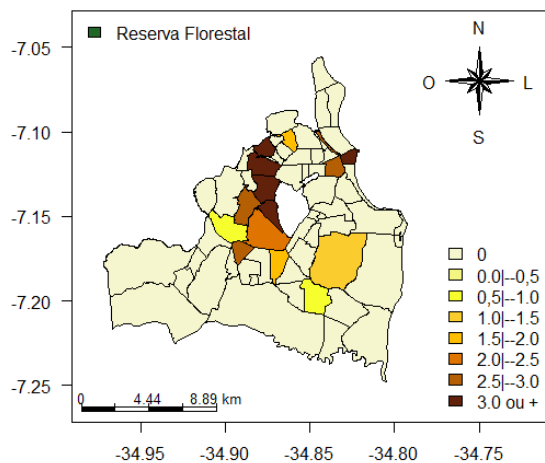
Janeiro de 2002



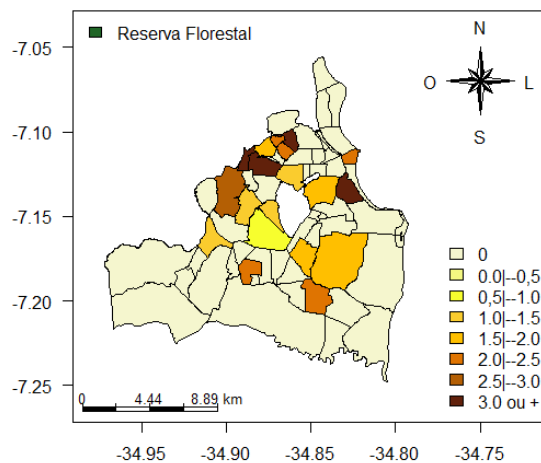
Fevereiro de 2002



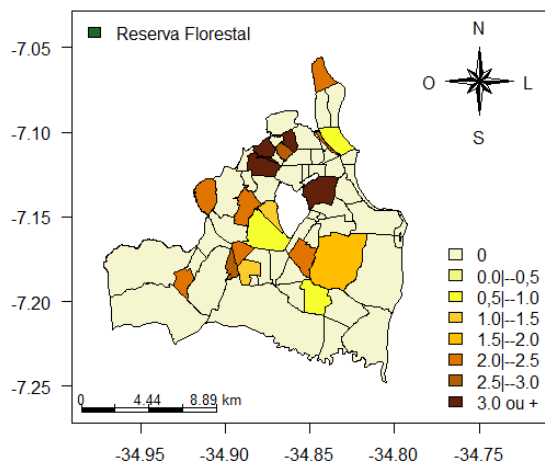
Março de 2002



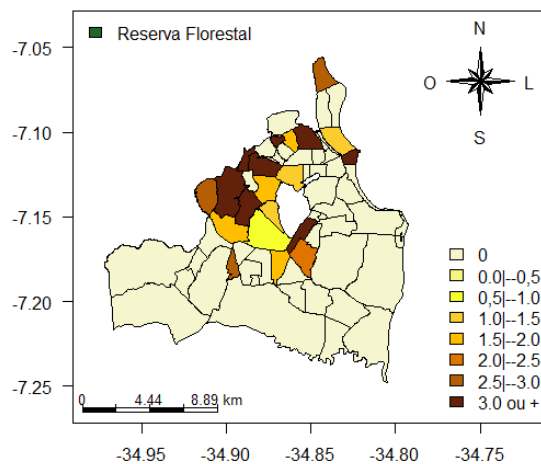
Abril de 2002



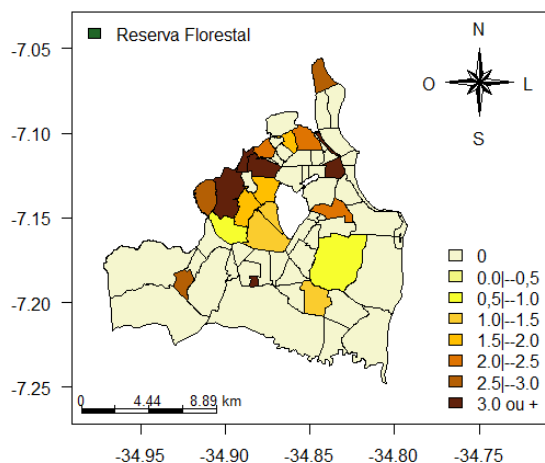
Mai de 2002



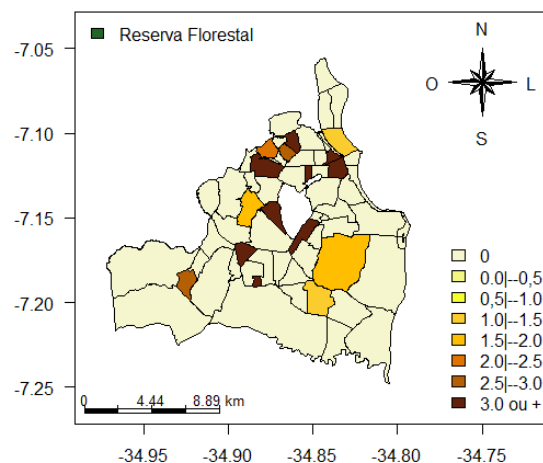
Junho de 2002



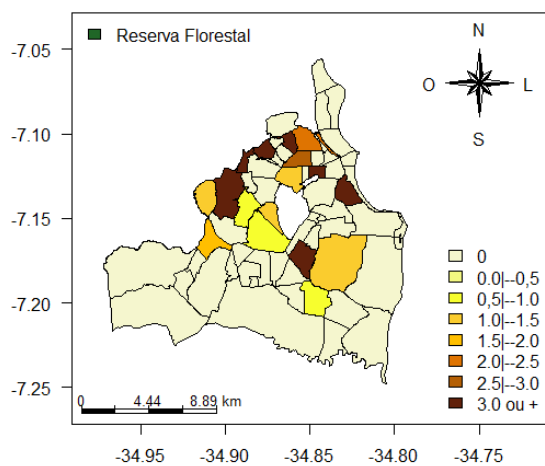
Julho de 2002



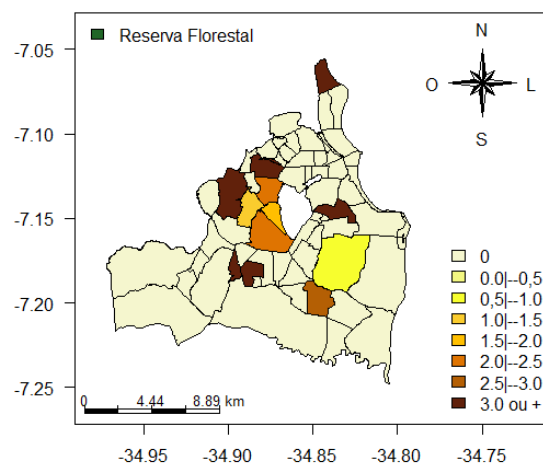
Agosto de 2002



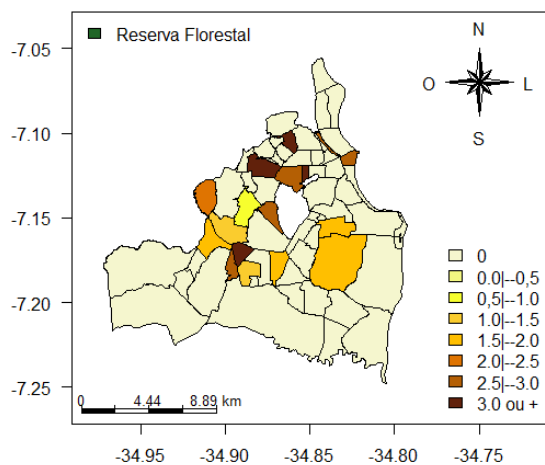
Setembro de 2002



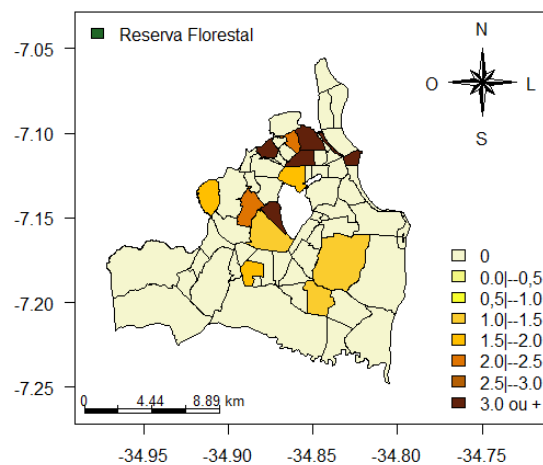
Outubro de 2002



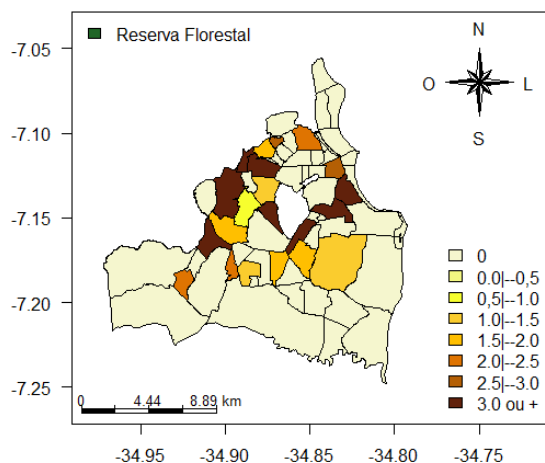
Novembro de 2002



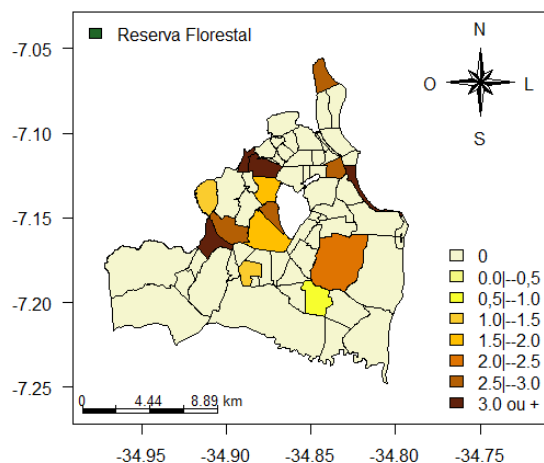
Dezembro de 2002



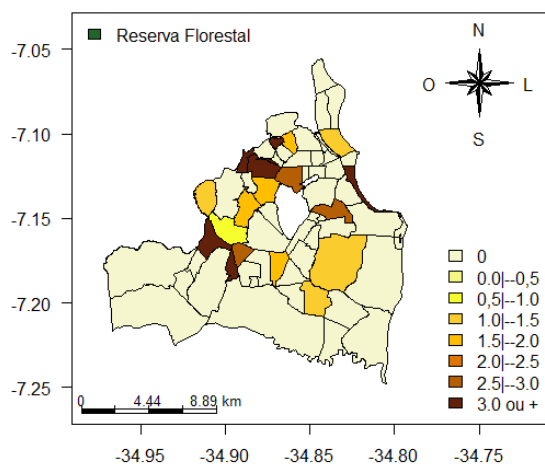
Janeiro de 2003



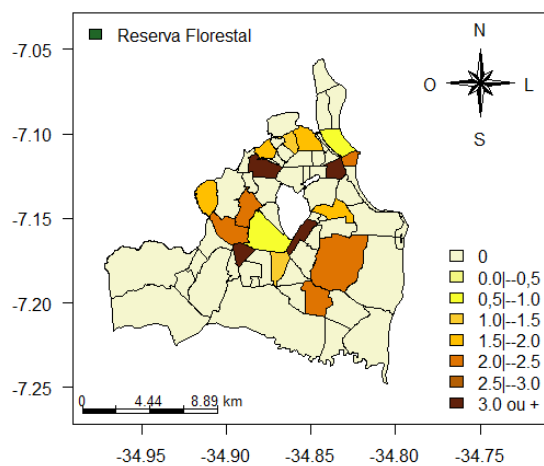
Fevereiro de 2003



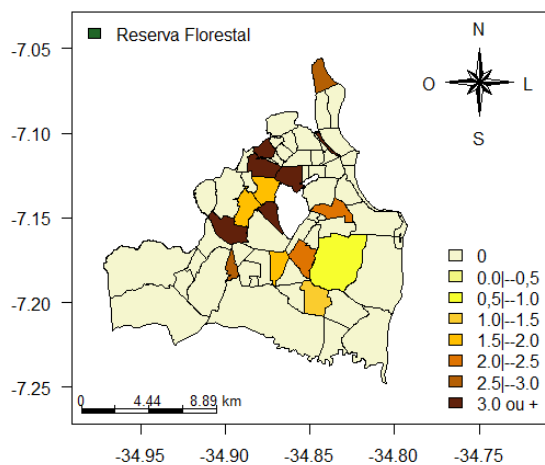
Março de 2003



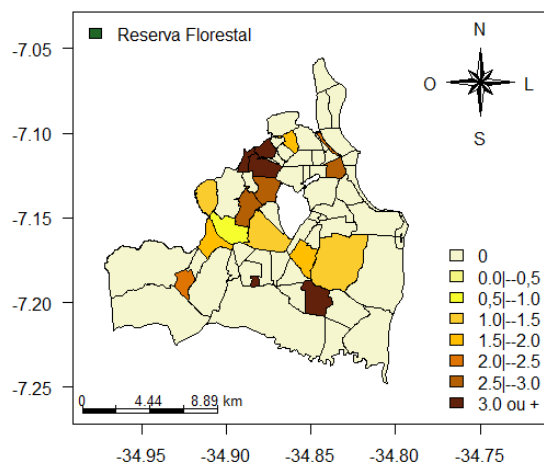
Abril de 2003



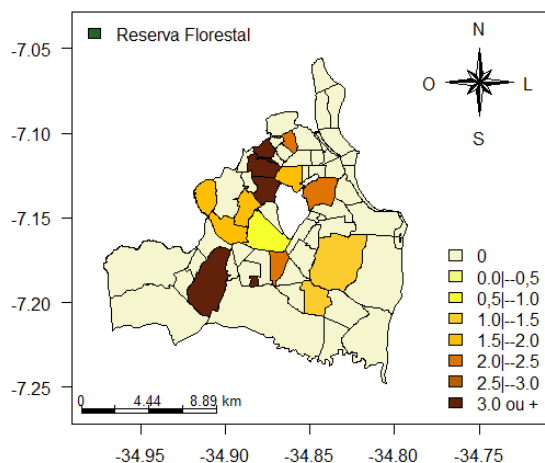
Maio de 2003



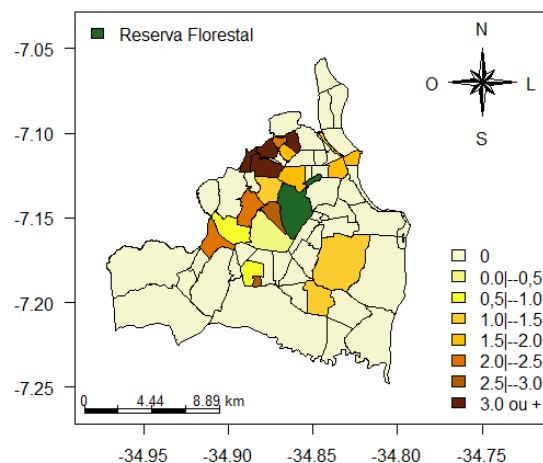
Junho de 2003



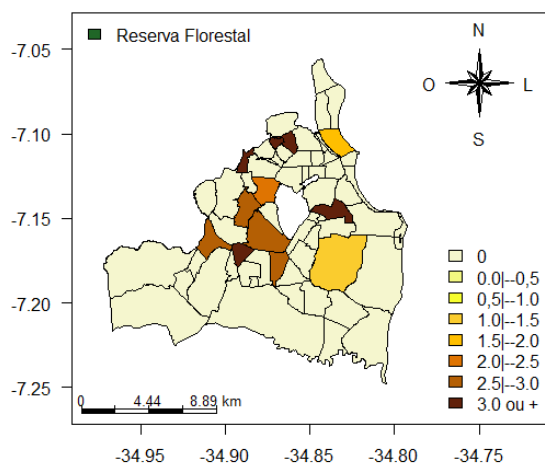
Julho de 2003



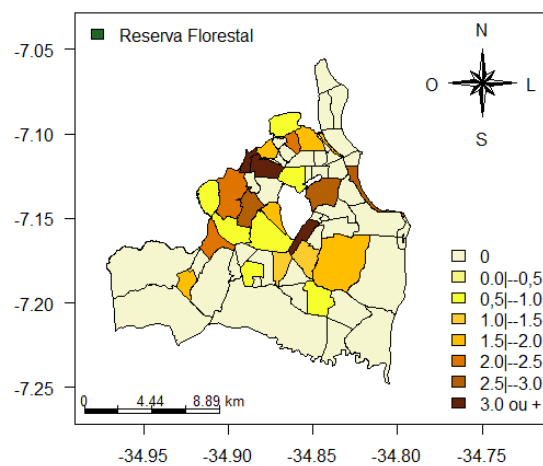
Agosto de 2003



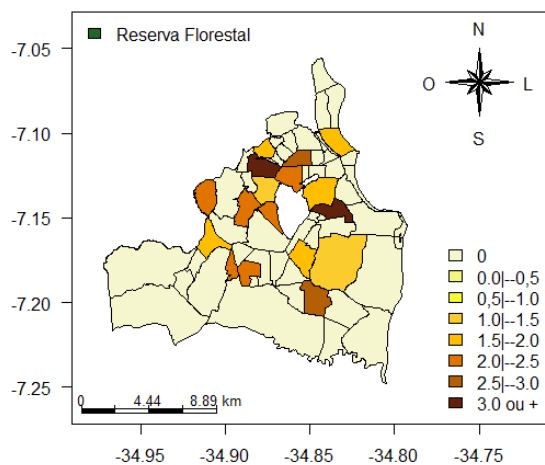
Setembro de 2003



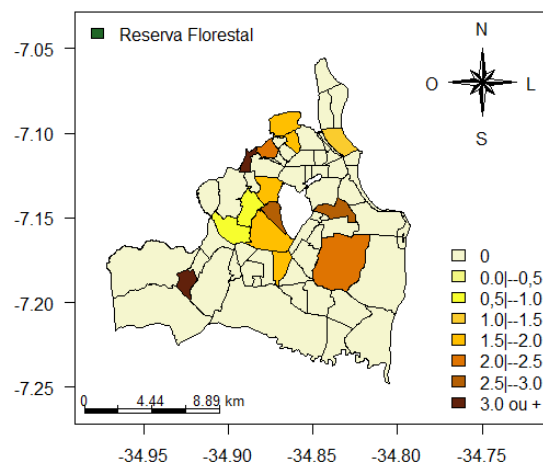
Outubro de 2003



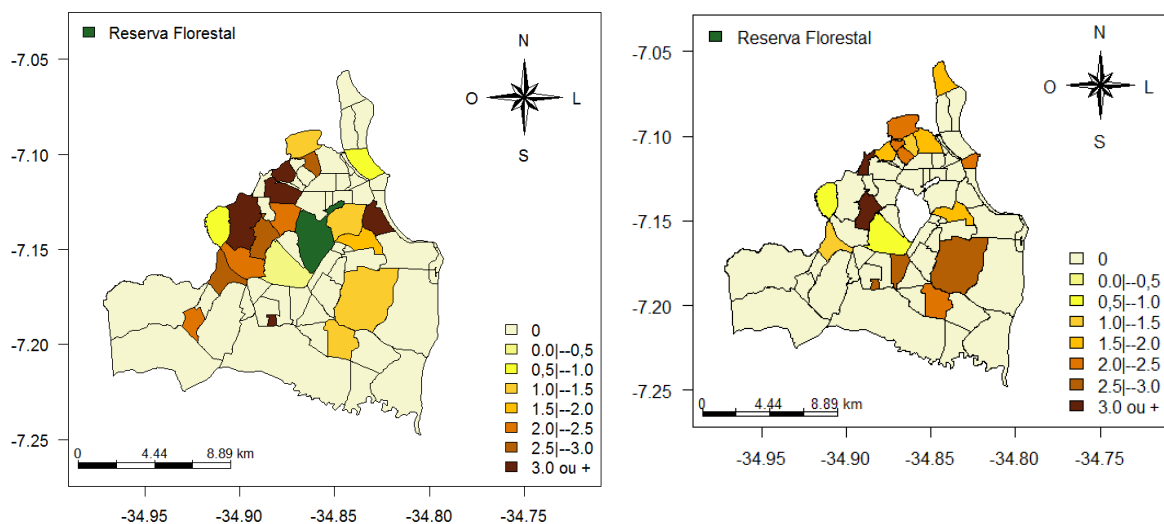
Novembro de 2003



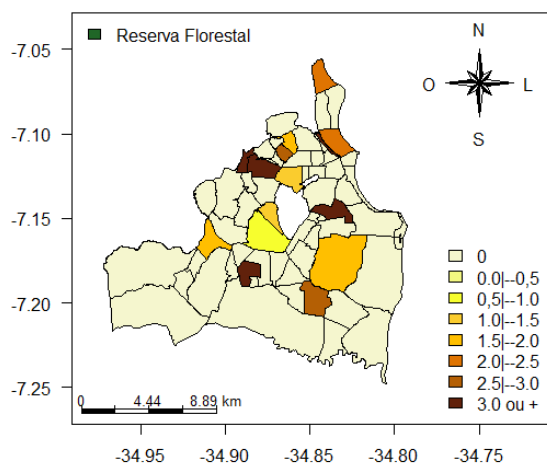
Dezembro de 2003



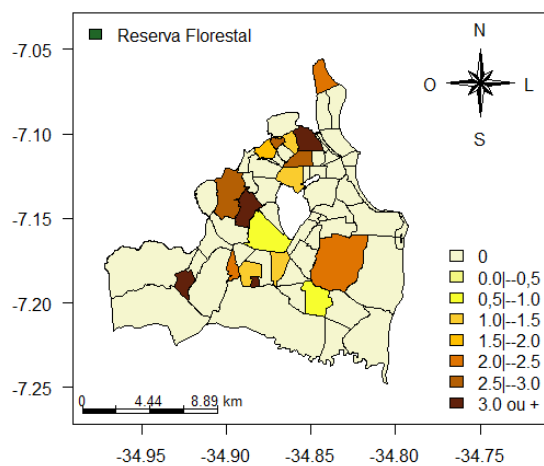
Janeiro de 2004



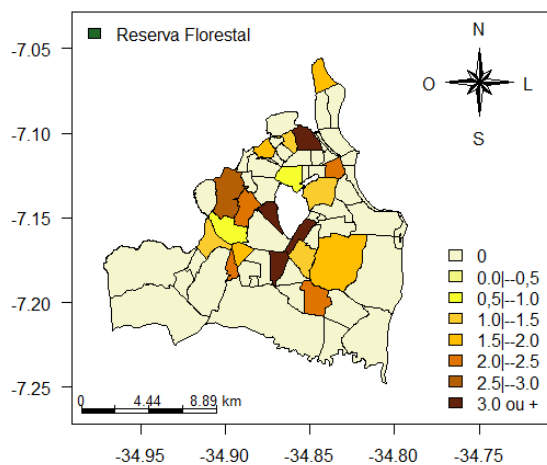
Fevereiro de 2004



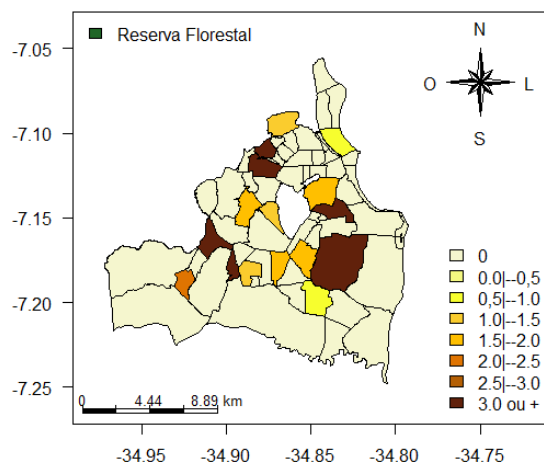
Março de 2004



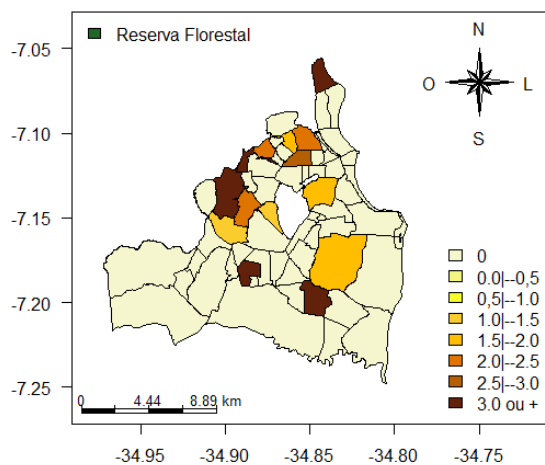
Abril de 2004



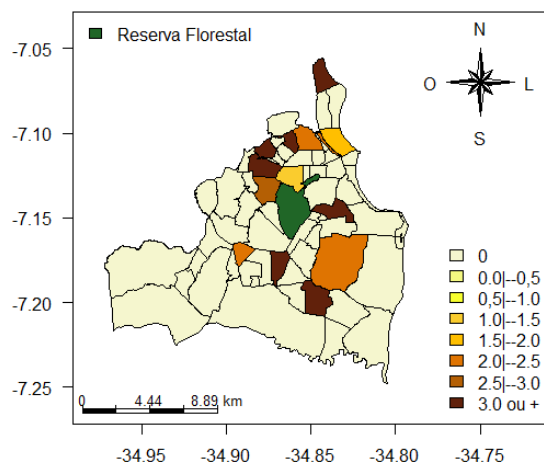
Maio de 2004



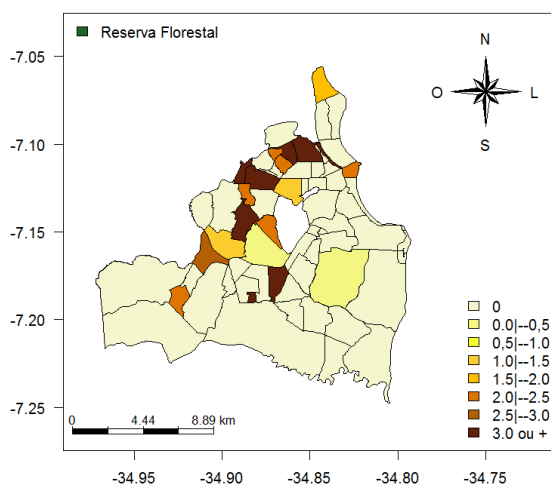
Junho de 2004



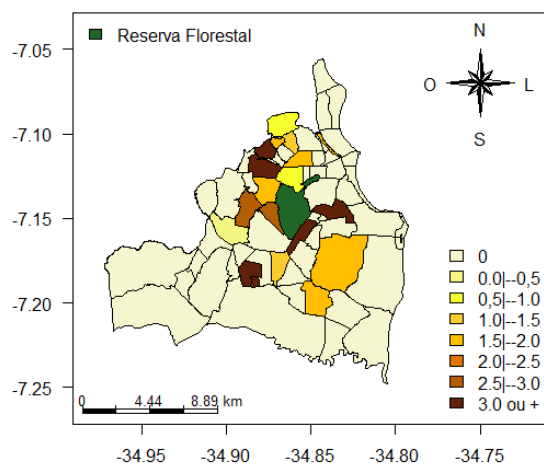
Julho de 2004



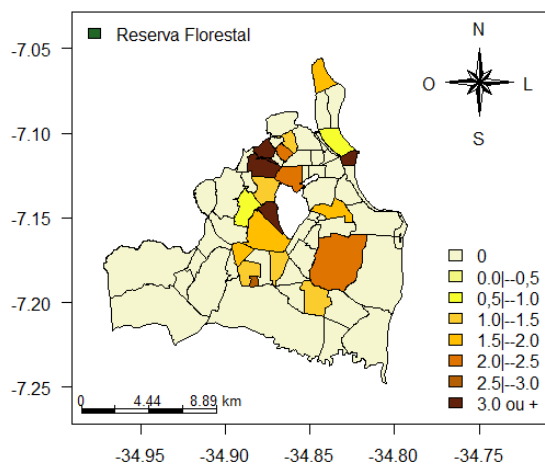
Agosto de 2004



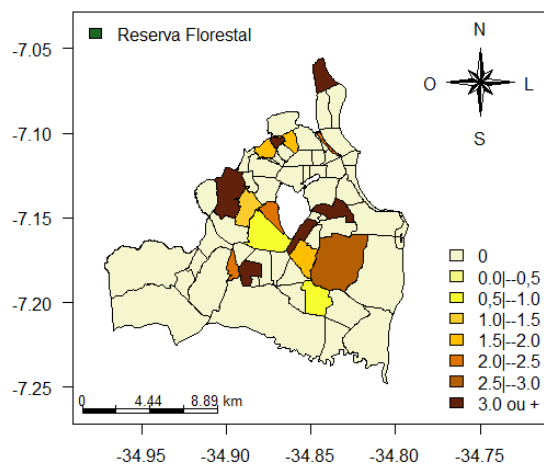
Setembro de 2004



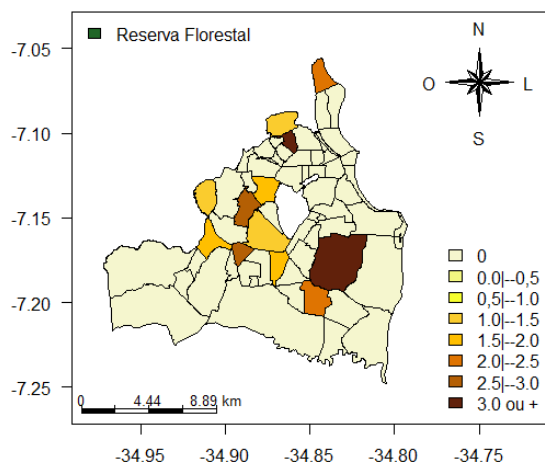
Outubro de 2004



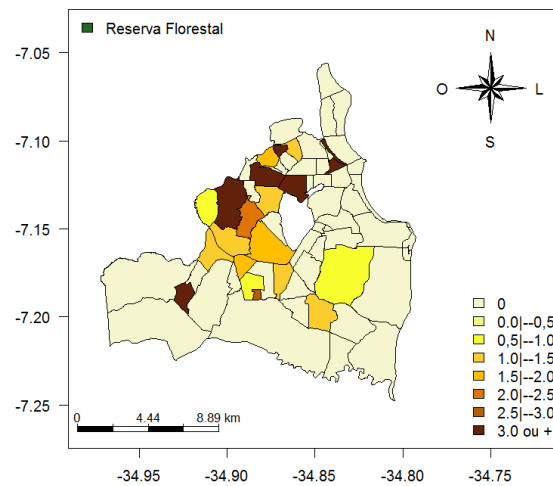
Novembro de 2004



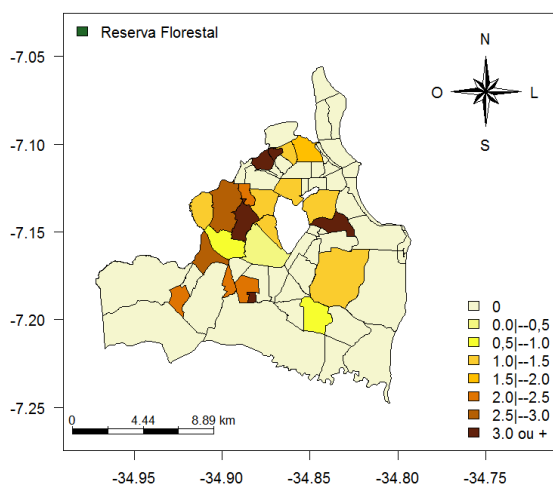
Dezembro de 2004



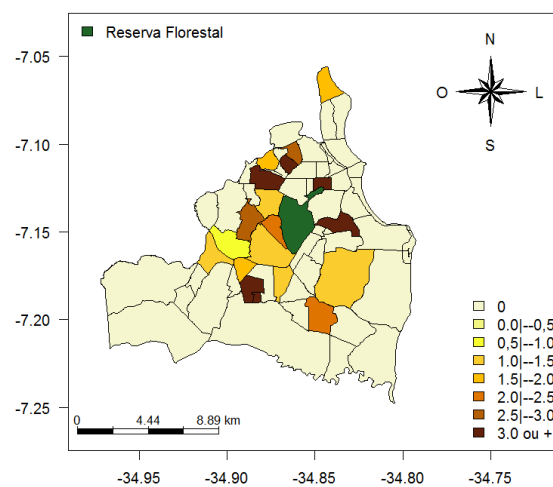
Janeiro de 2005



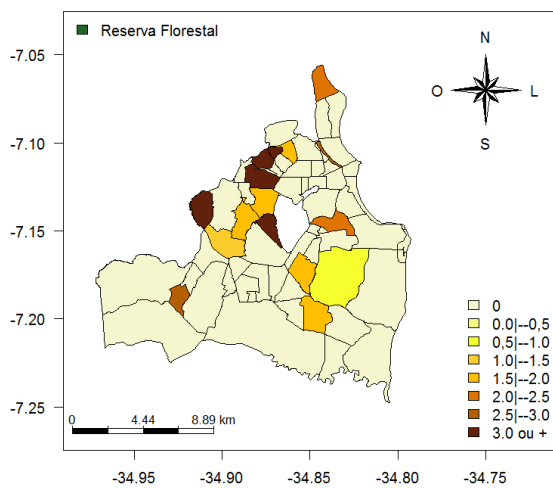
Fevereiro de 2005



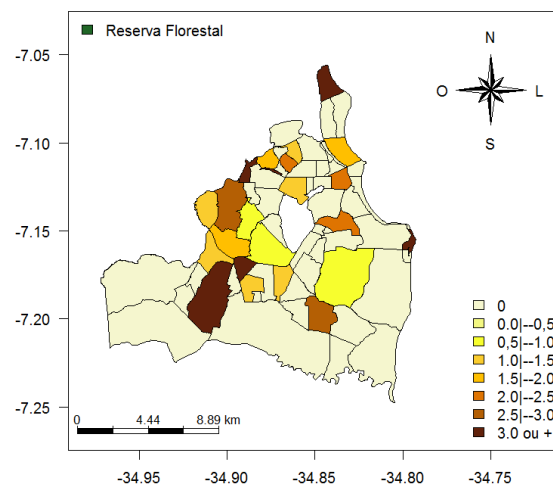
Março de 2005

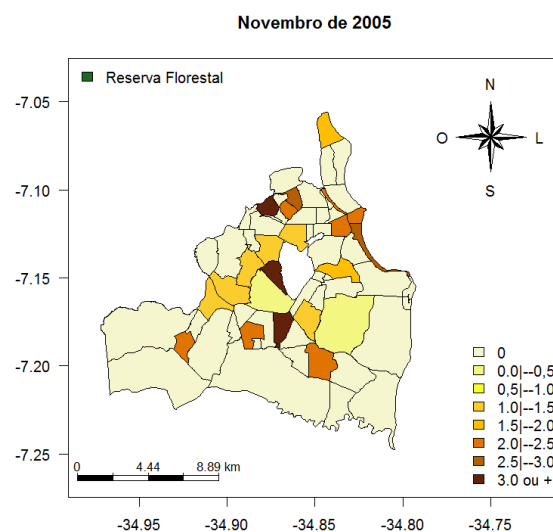
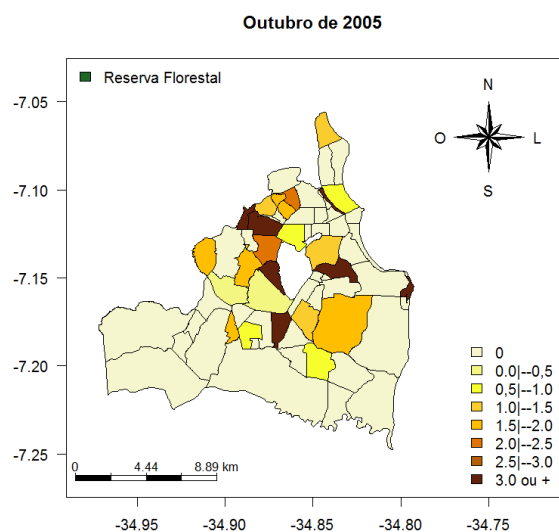
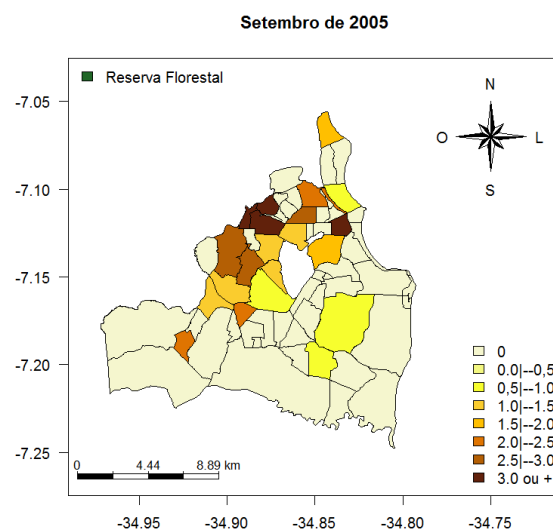
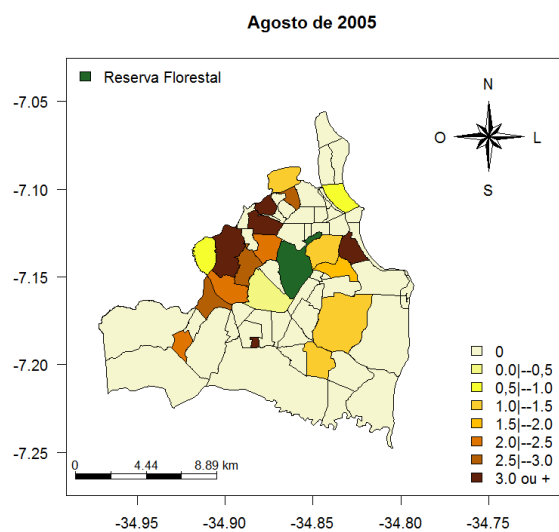
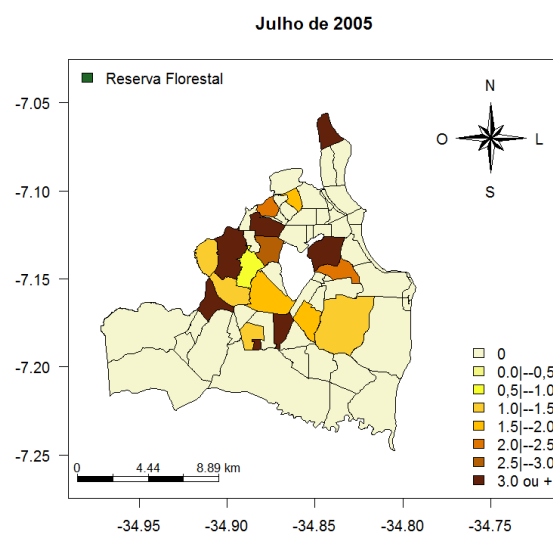
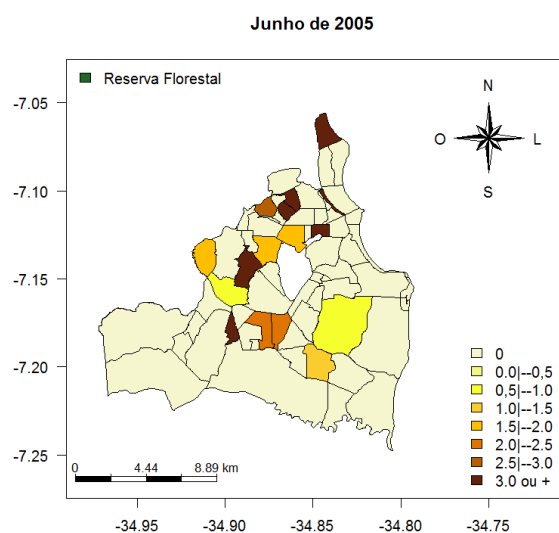


Abril de 2005

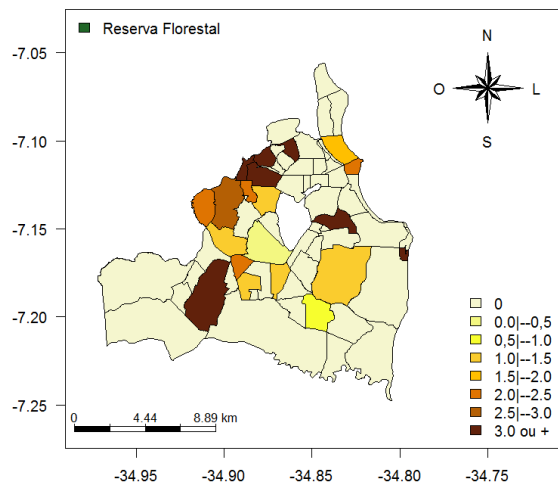


Maio de 2005

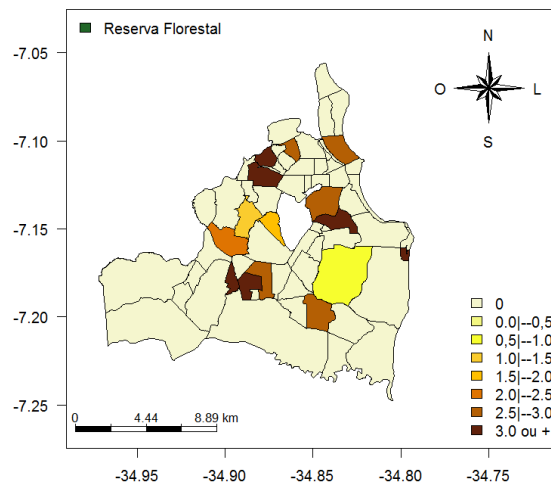




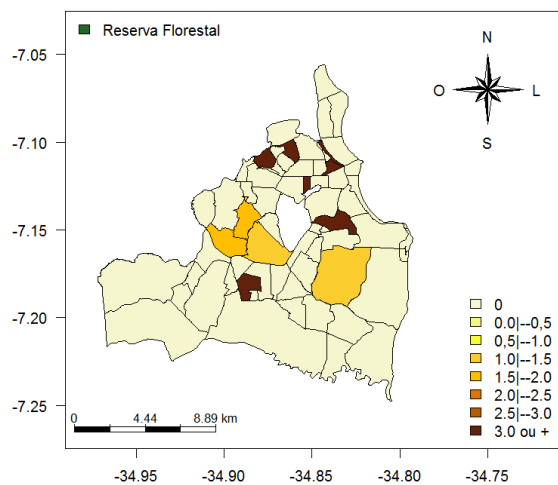
Dezembro de 2005



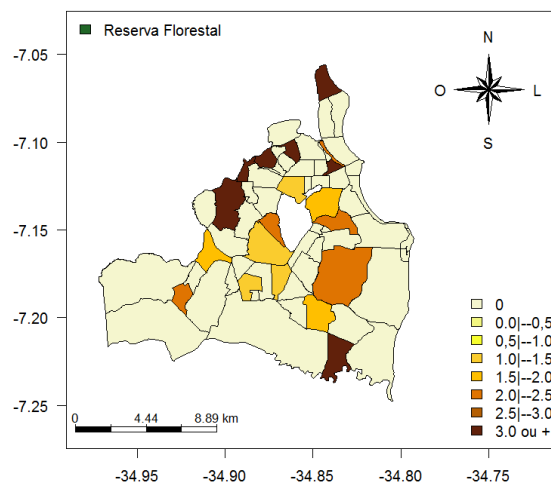
Janeiro de 2006



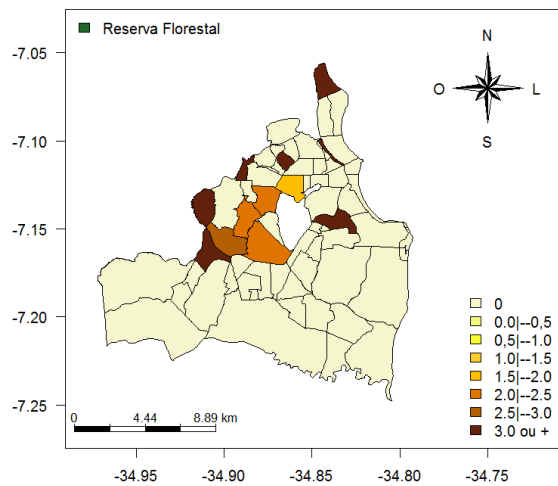
Fevereiro de 2006



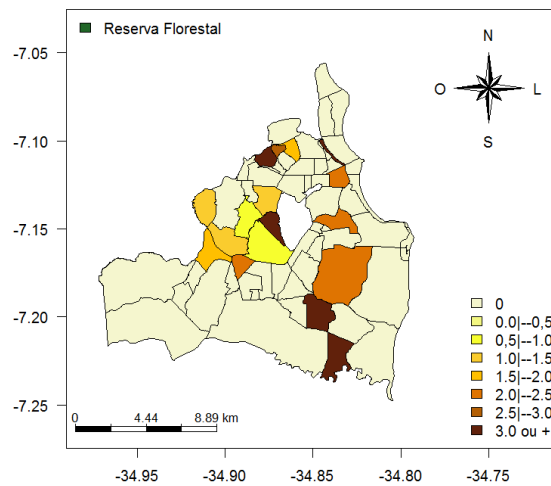
Março de 2006



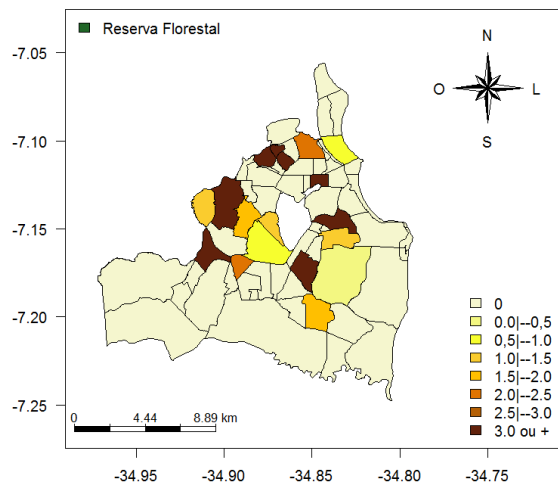
Abril de 2006



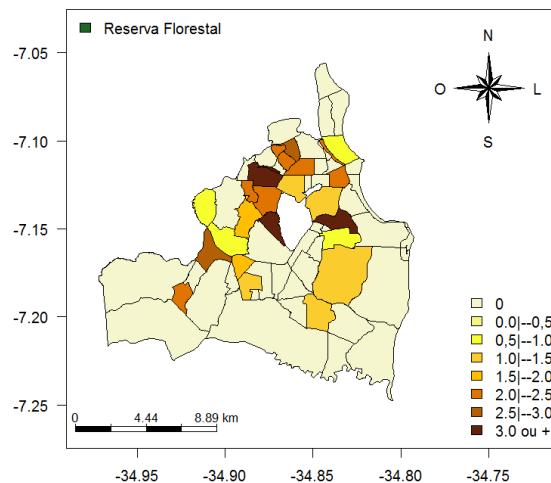
Maio de 2006



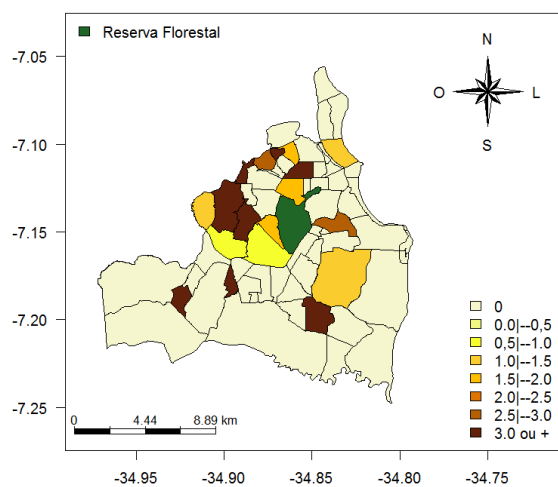
Junho de 2006



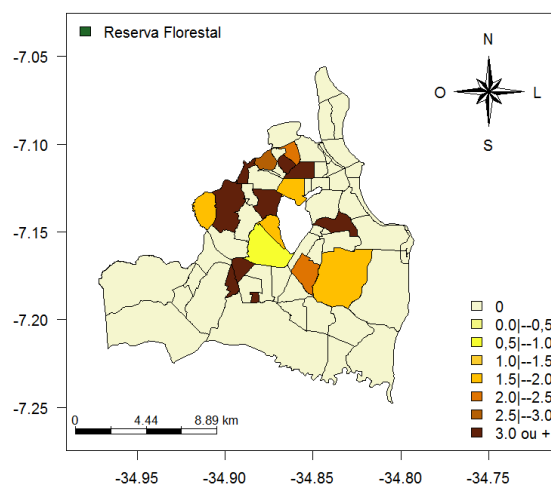
Julho de 2006



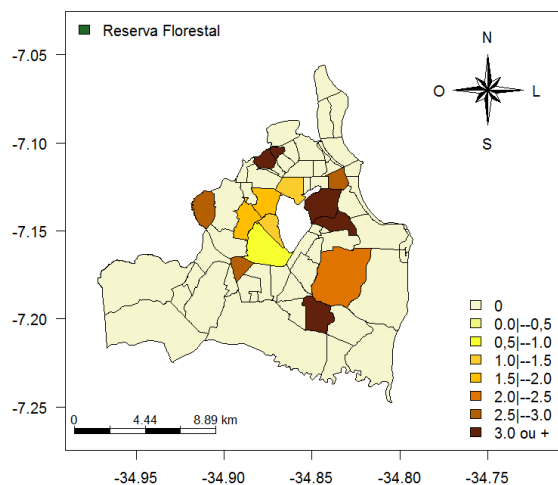
Agosto de 2006



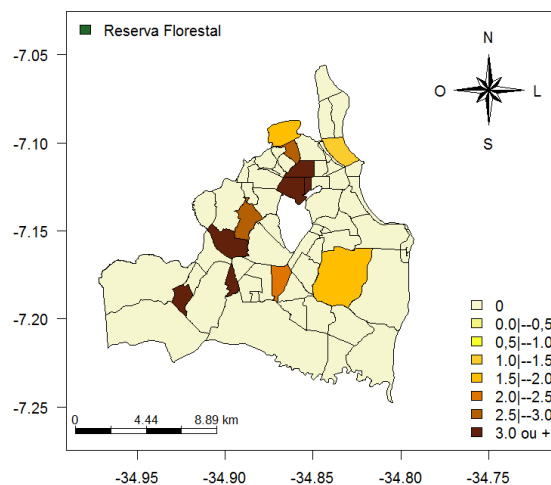
Setembro de 2006



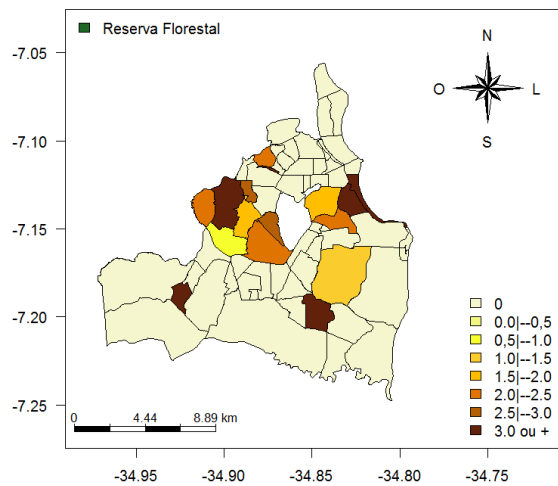
Outubro de 2006



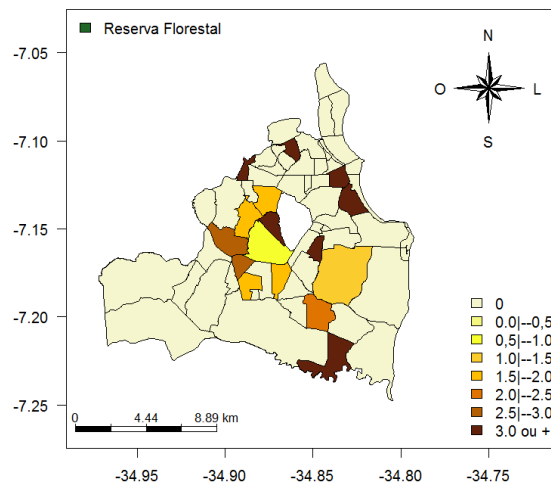
Novembro de 2006



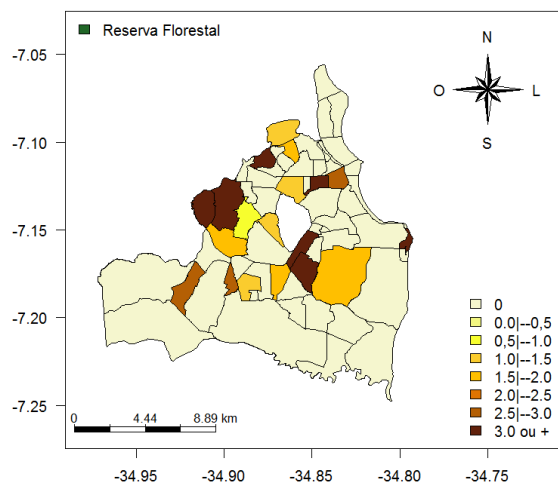
Dezembro de 2006



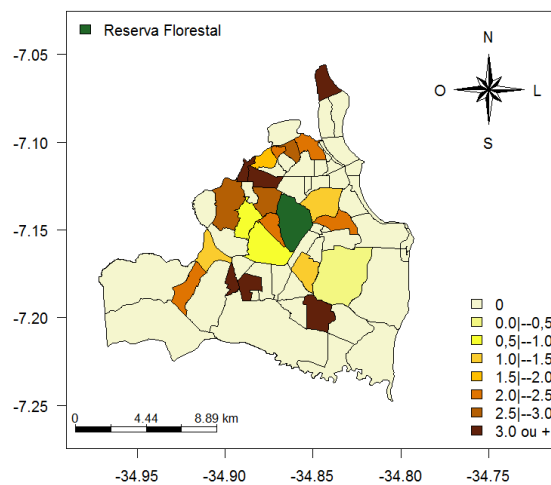
Janeiro de 2007



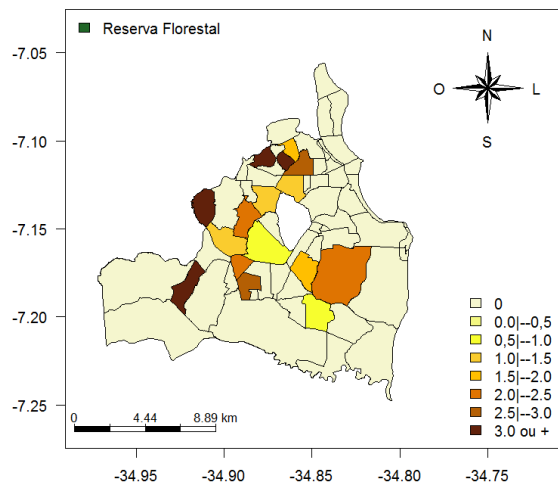
Fevereiro de 2007



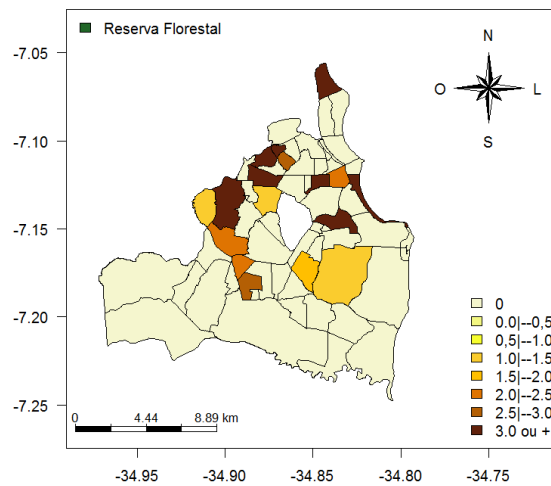
Março de 2007



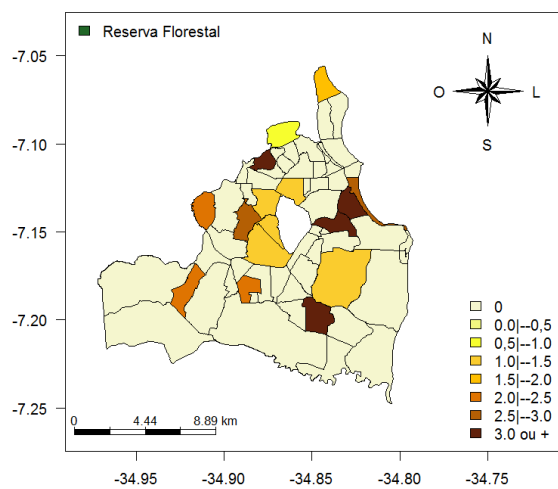
Abril de 2007



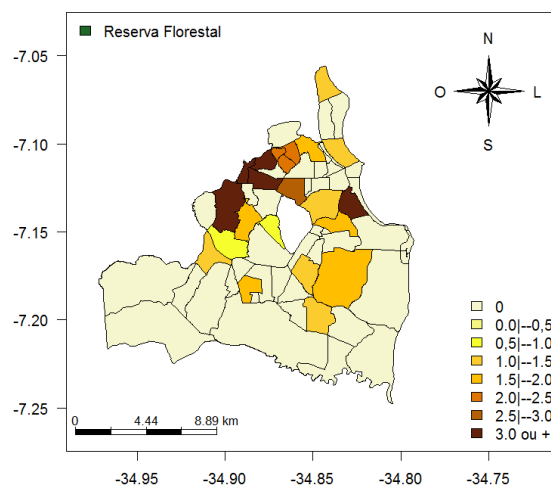
Maio de 2007



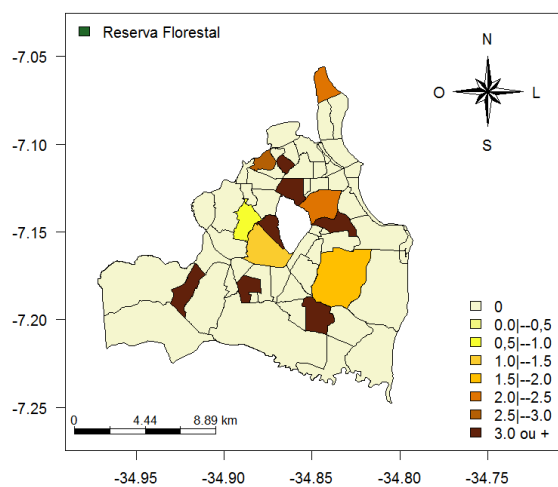
Junho de 2007



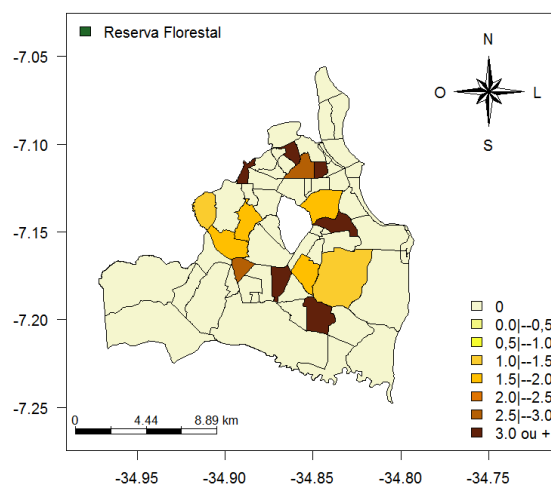
Julho de 2007



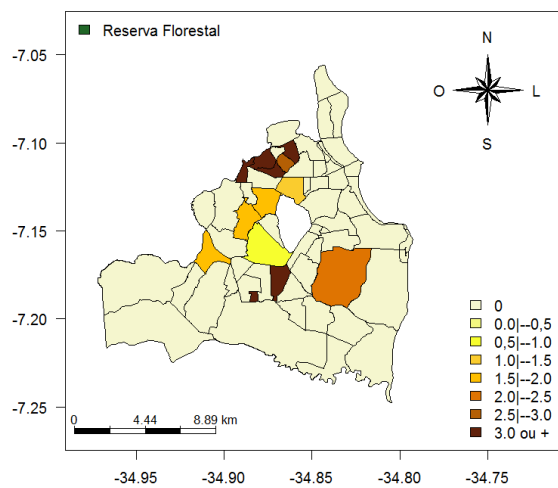
Agosto de 2007



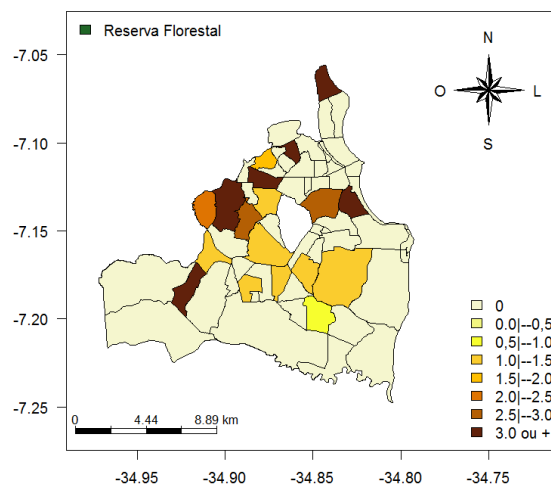
Setembro de 2007



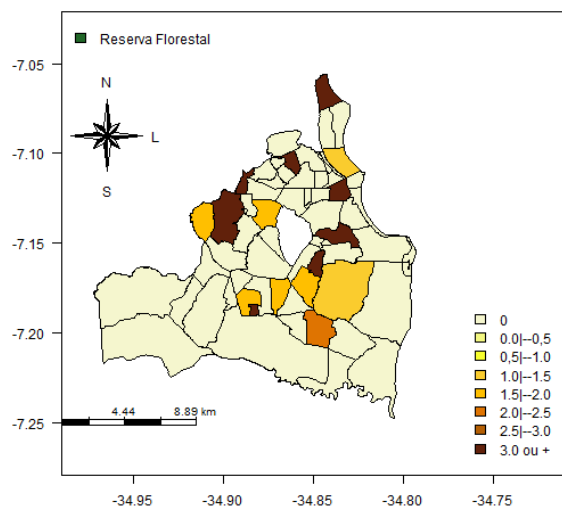
Outubro de 2007



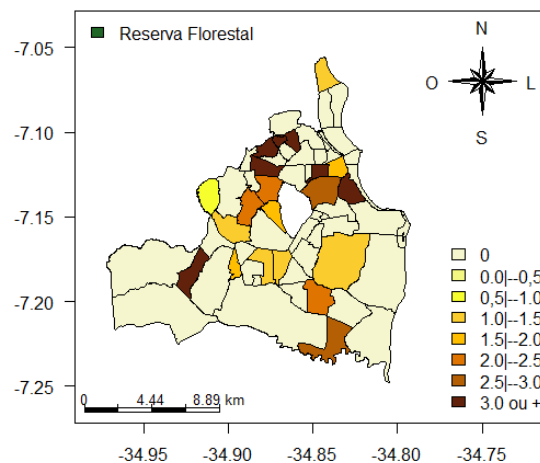
Novembro de 2007



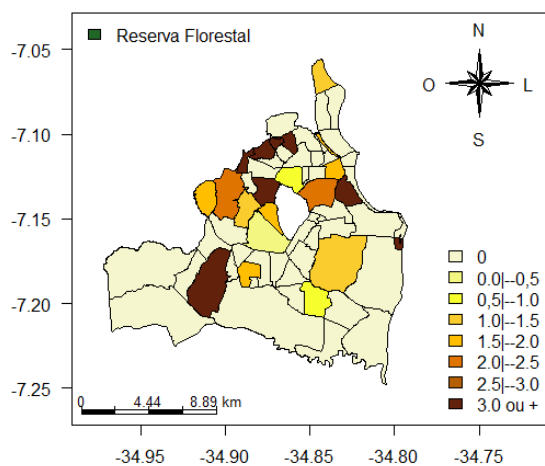
Dezembro de 2007



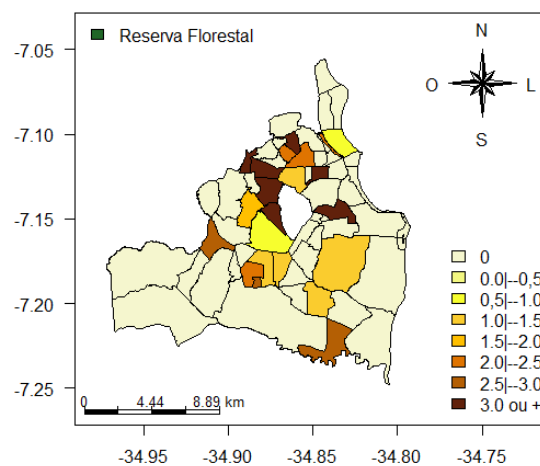
Janeiro de 2008



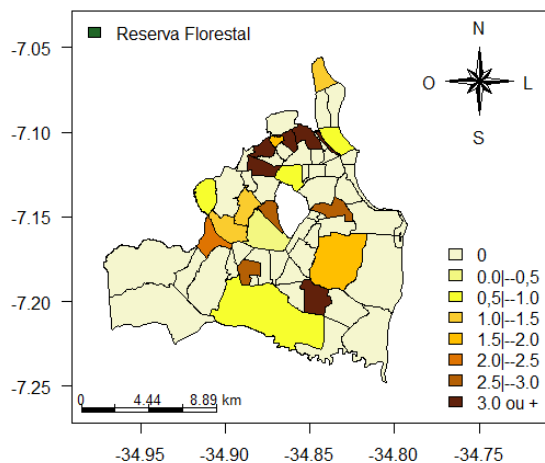
Fevereiro de 2008



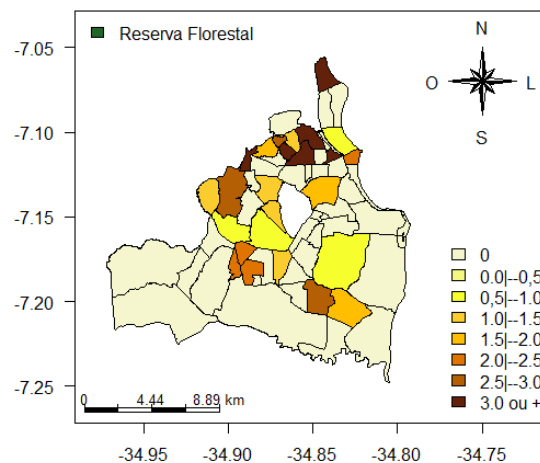
Março de 2008



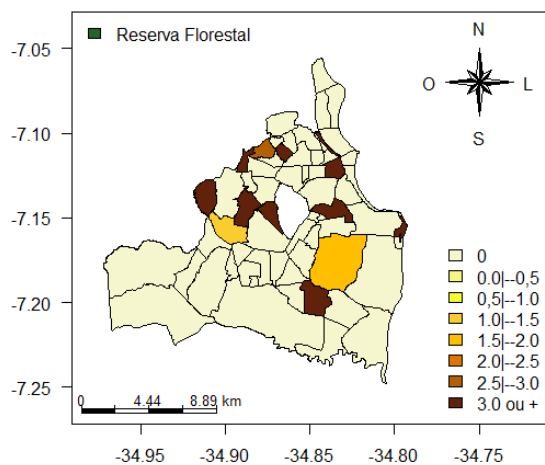
Abril de 2008



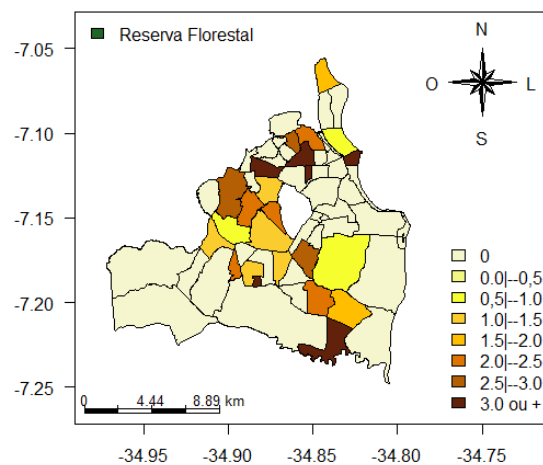
Maio de 2008



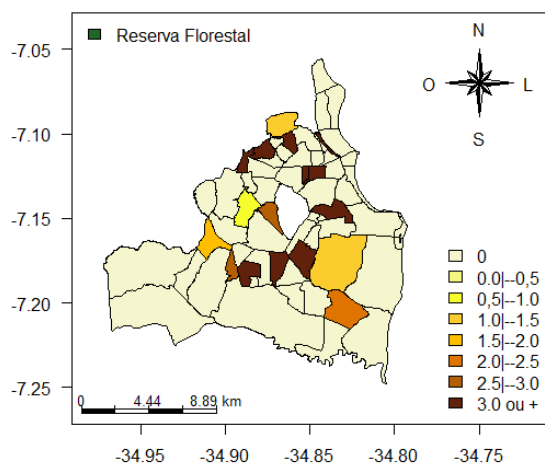
Junho de 2008



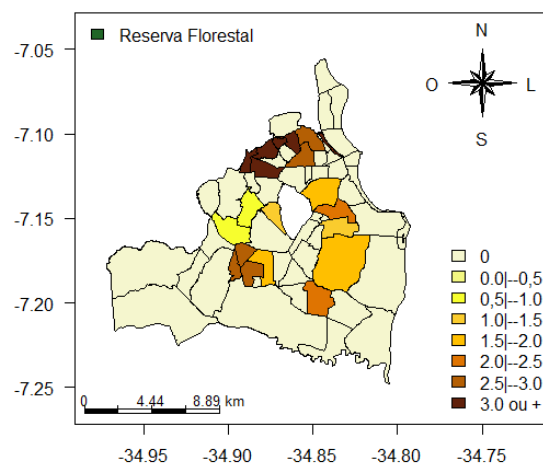
Julho de 2008



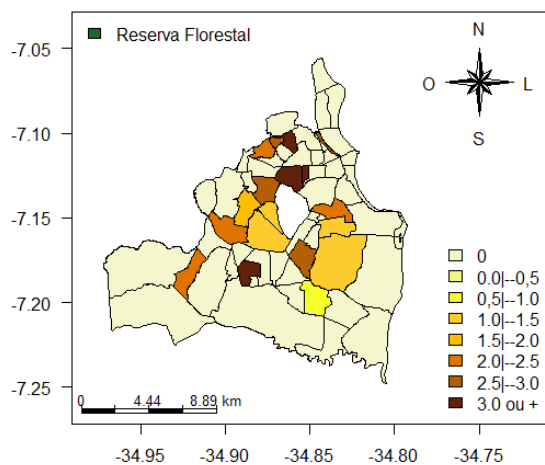
Agosto de 2008



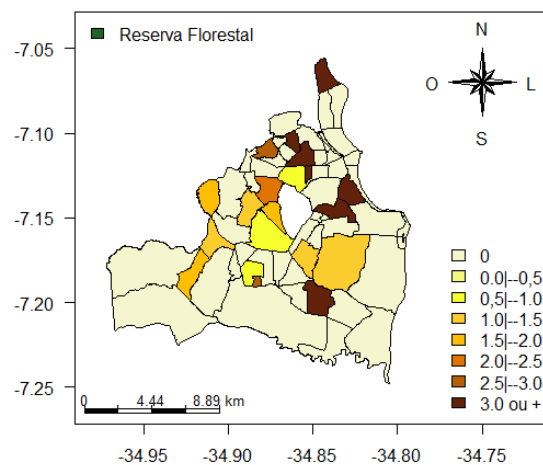
Setembro de 2008



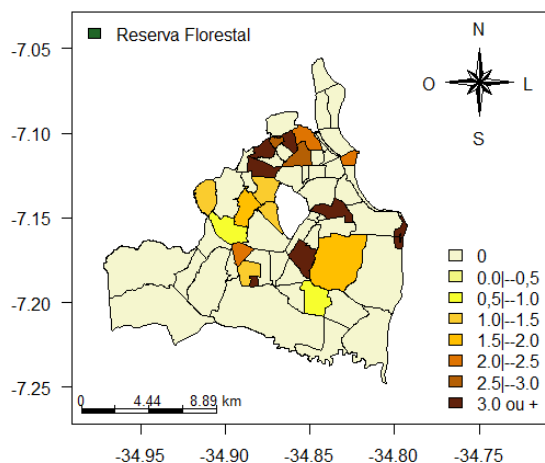
Outubro de 2008



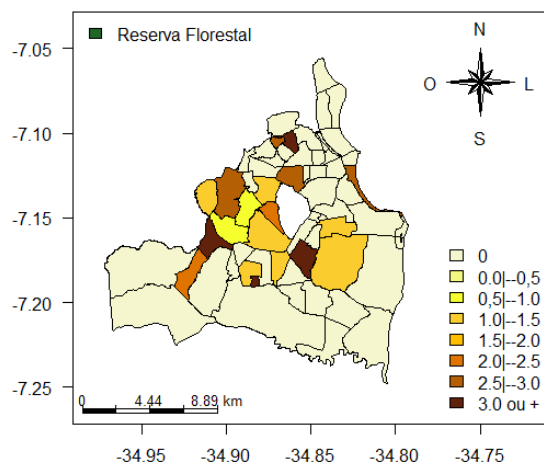
Novembro de 2008



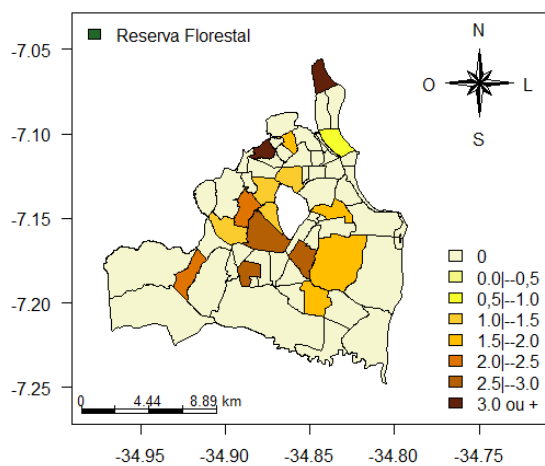
Dezembro de 2008



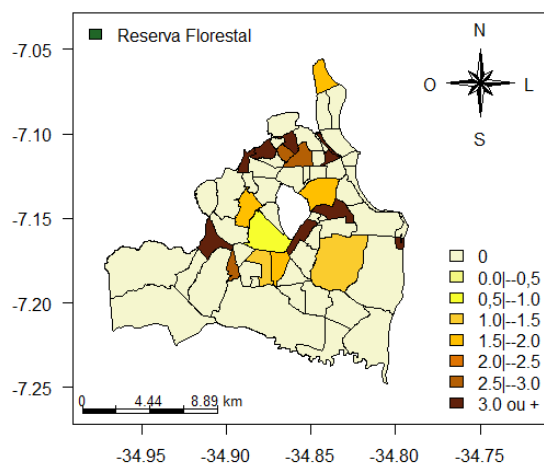
Janeiro de 2009



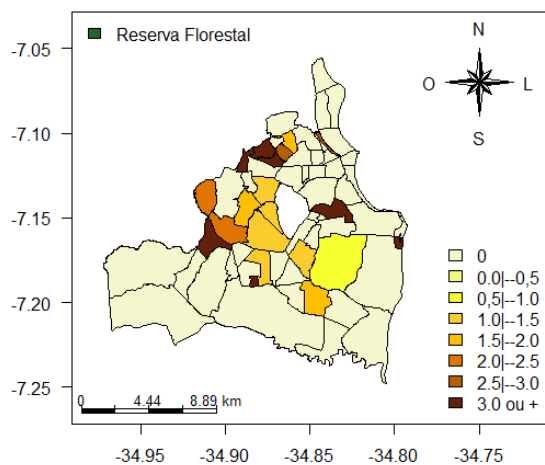
Fevereiro de 2009



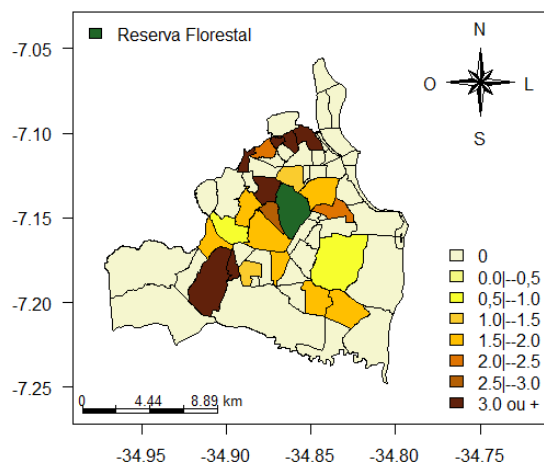
Março de 2009



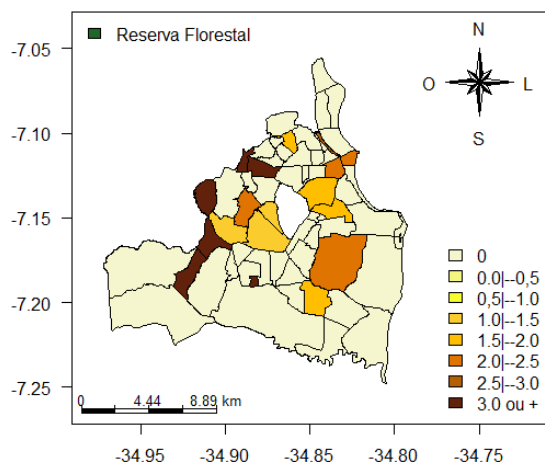
Abril de 2009



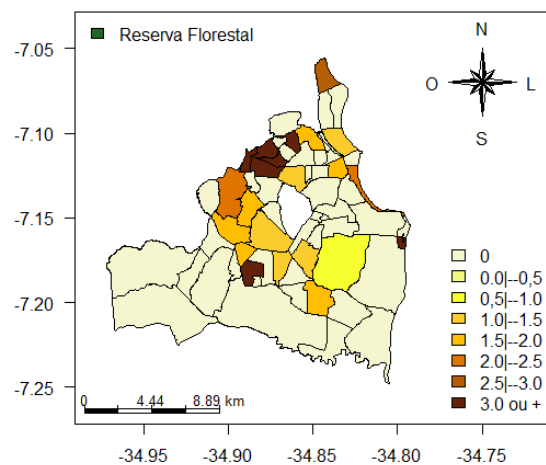
Maio de 2009



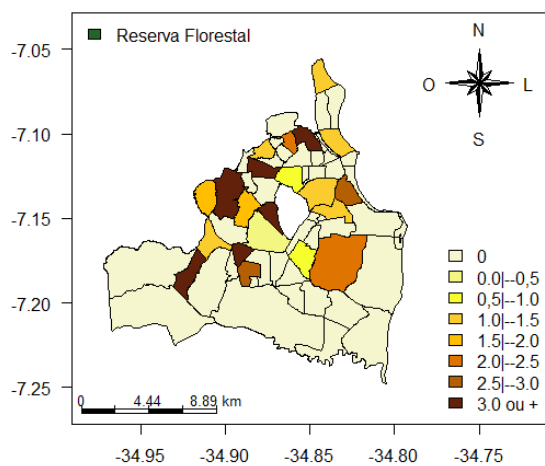
Junho de 2009



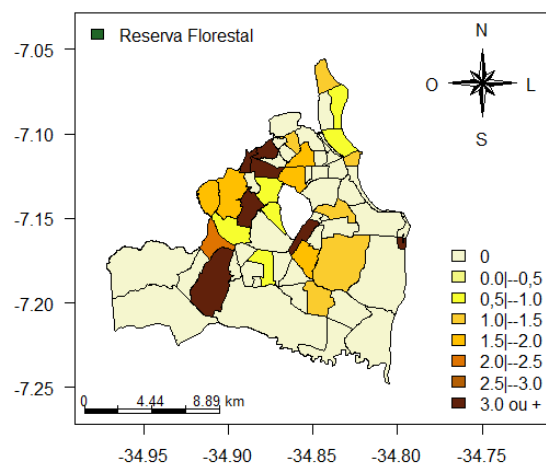
Julho de 2009



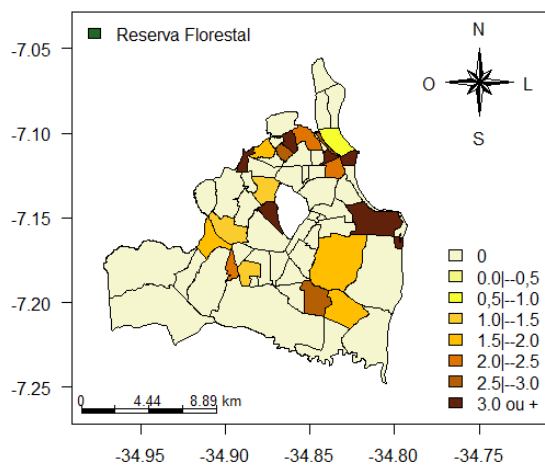
Setembro de 2009



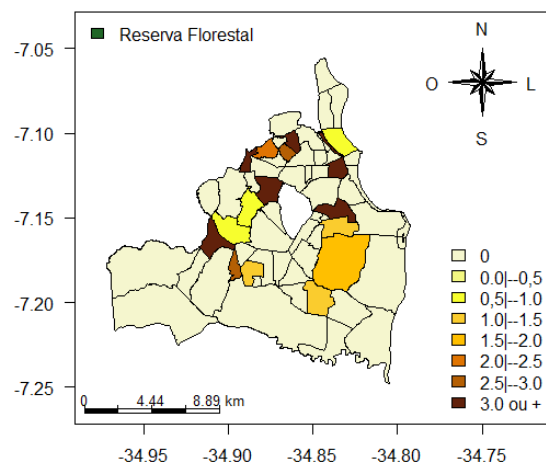
Outubro de 2009



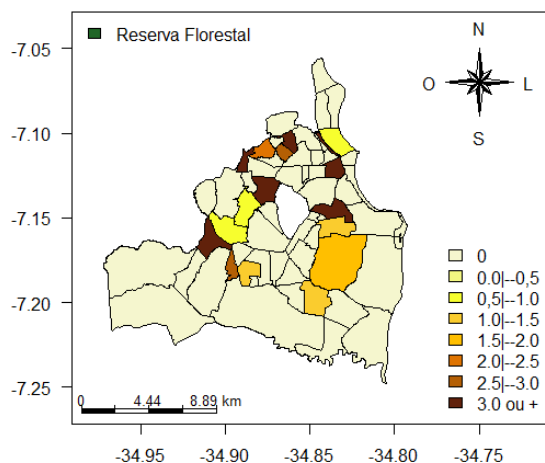
Novembro de 2009



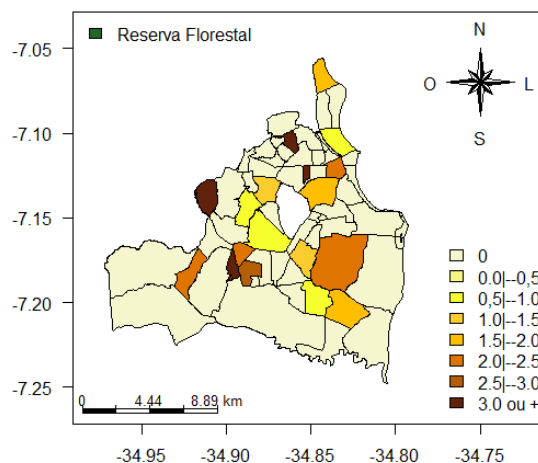
Dezembro de 2009



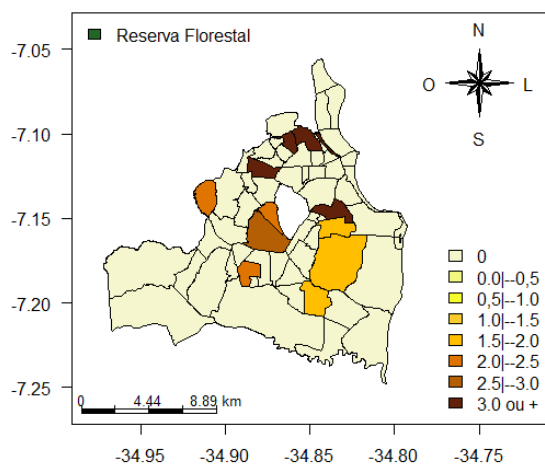
Dezembro de 2009



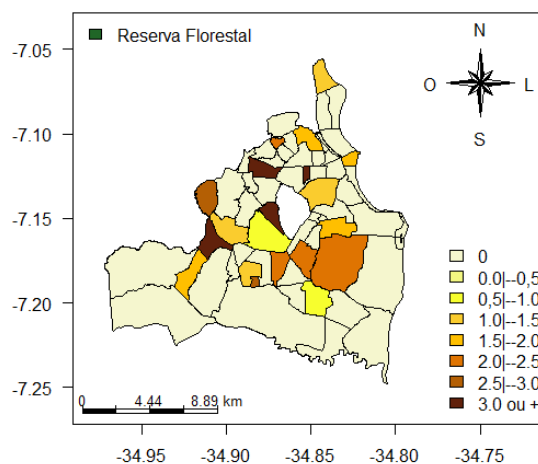
Janeiro de 2010



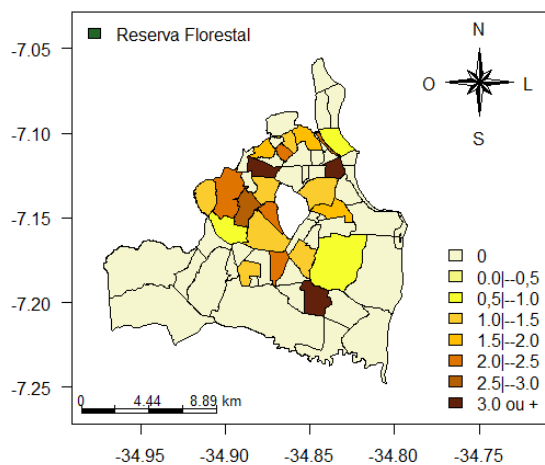
Fevereiro de 2010



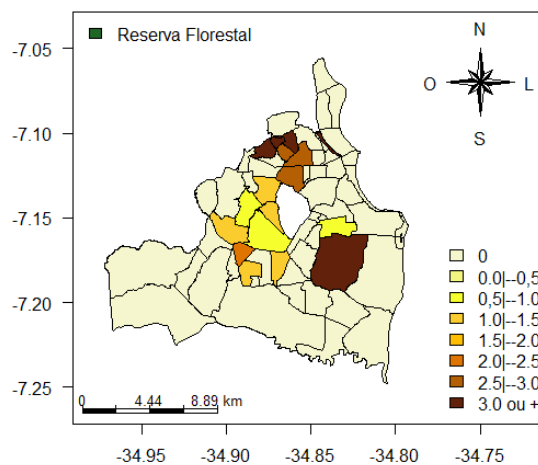
Março de 2010



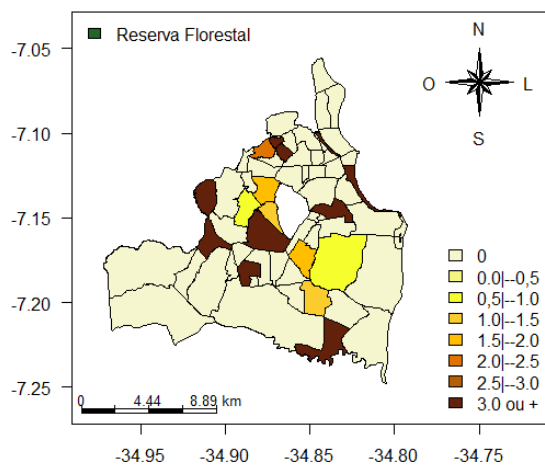
Abril de 2010



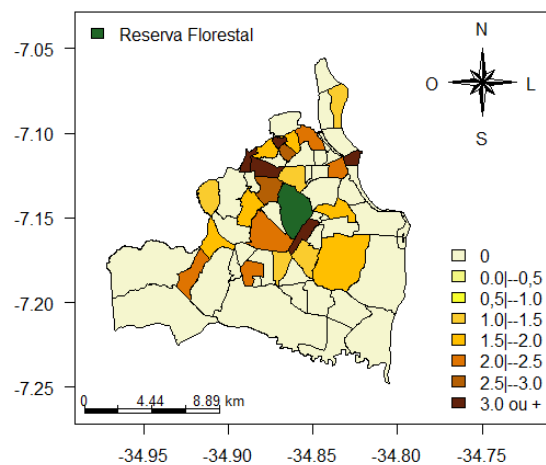
Maio de 2010



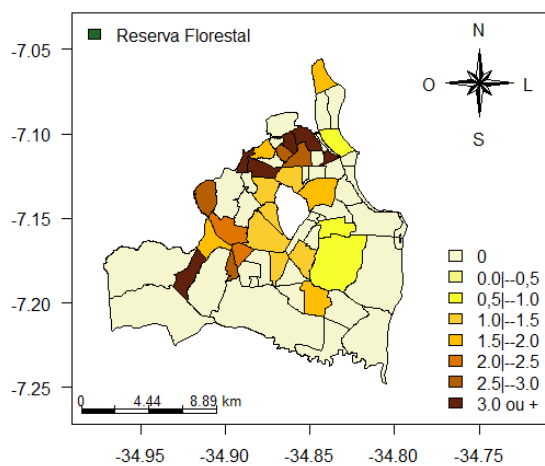
Junho de 2010



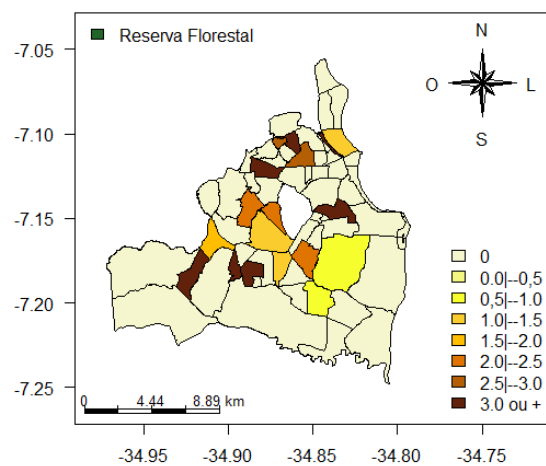
Julho de 2010



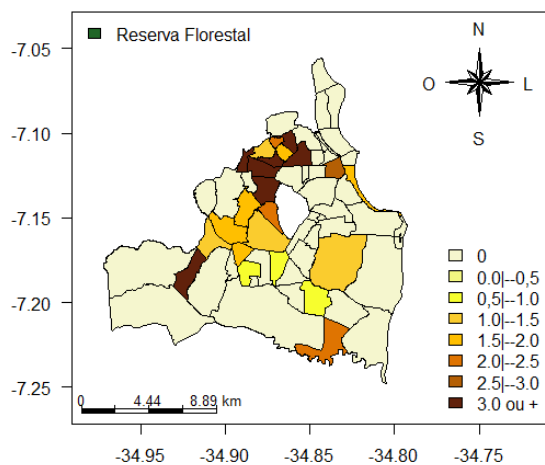
Agosto de 2010



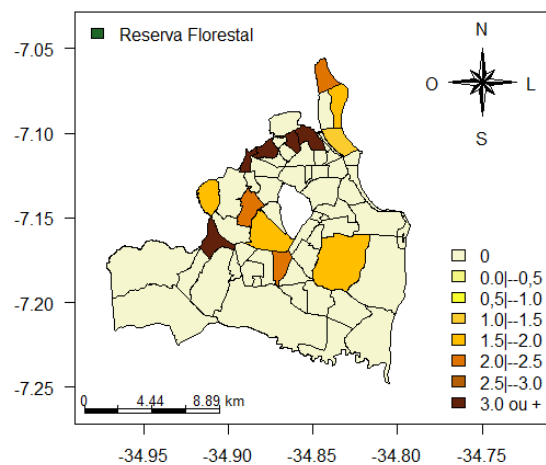
Setembro de 2010



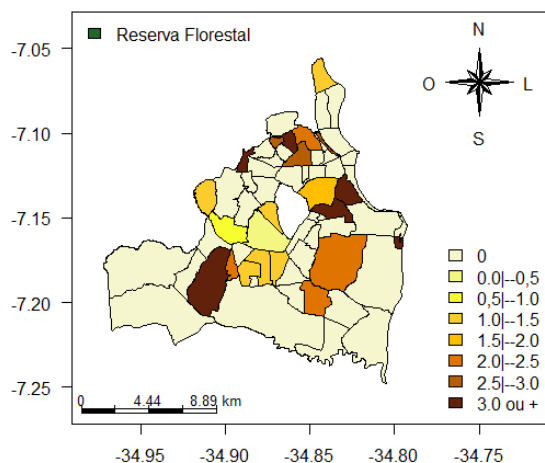
Outubro de 2010



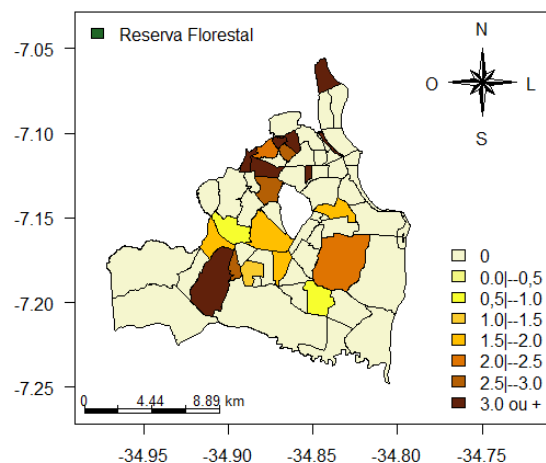
Novembro de 2010



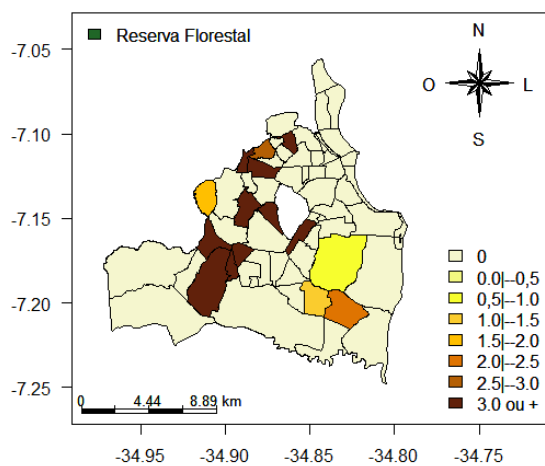
Dezembro de 2010



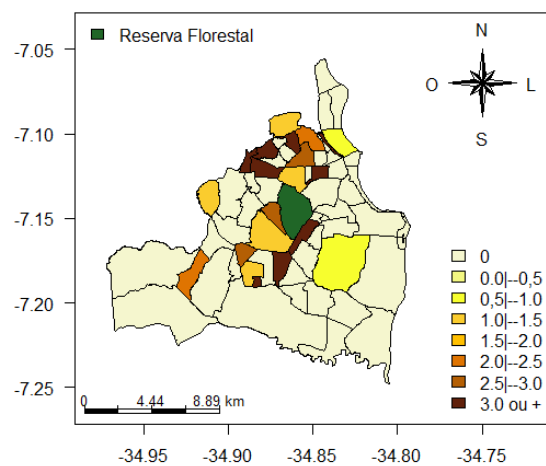
Janeiro de 2011



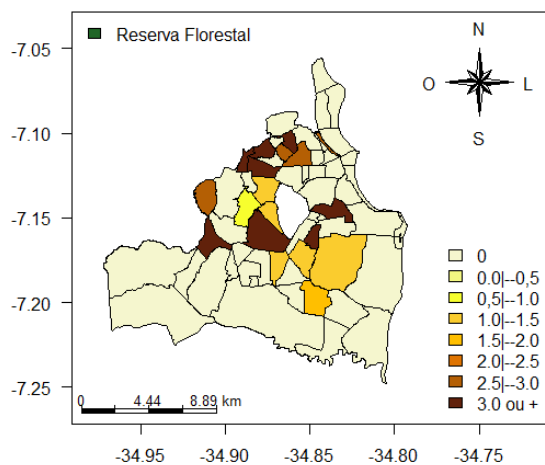
Fevereiro de 2011



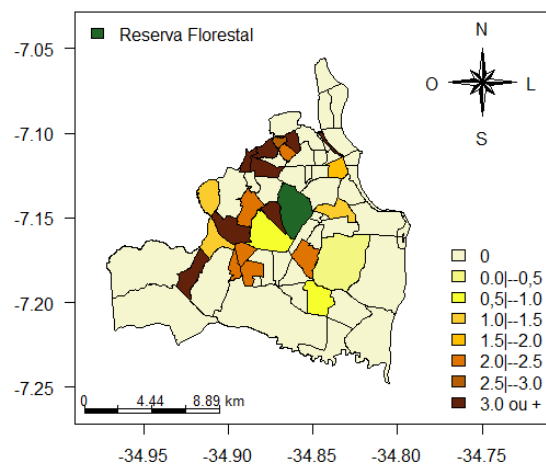
Março de 2011



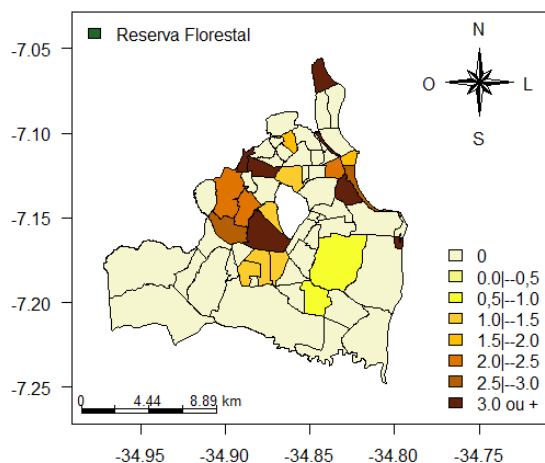
Abril de 2011



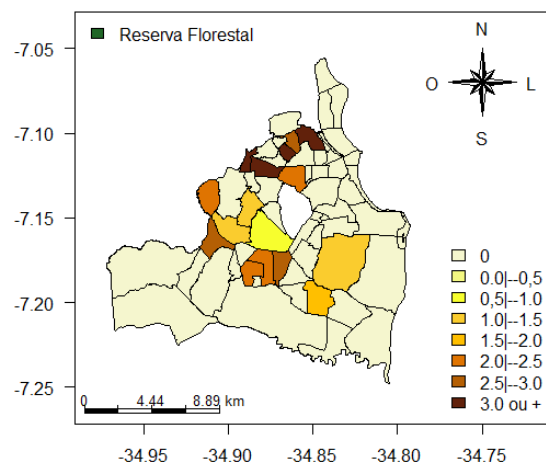
Maio de 2011



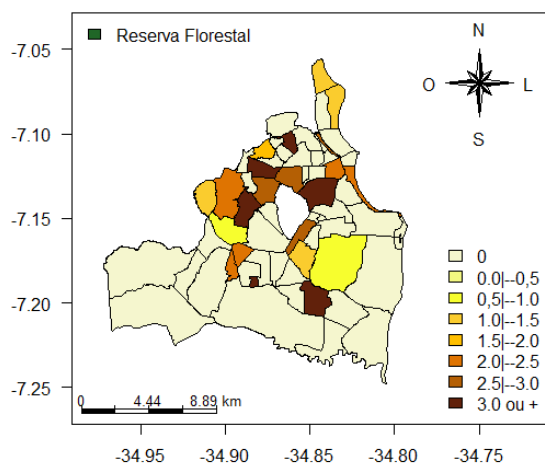
Junho de 2011



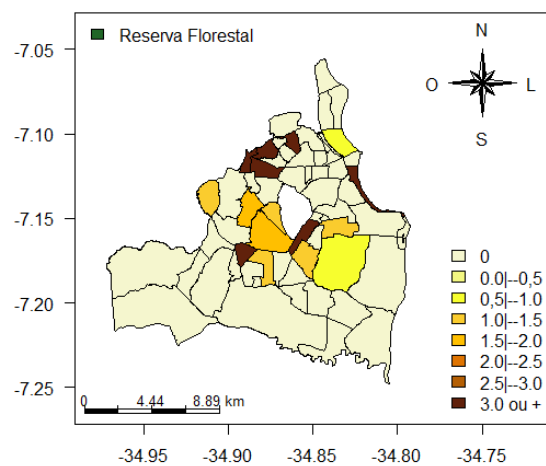
Julho de 2011



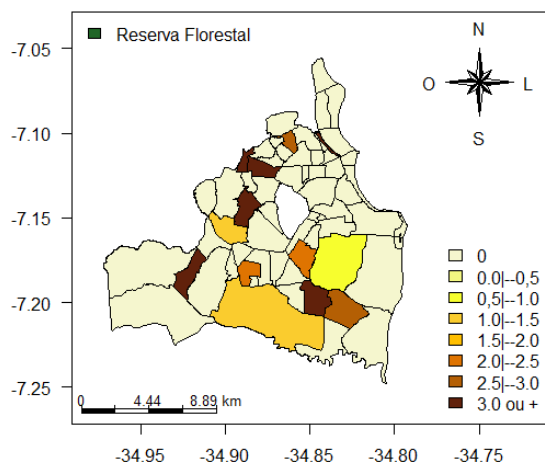
Agosto de 2011



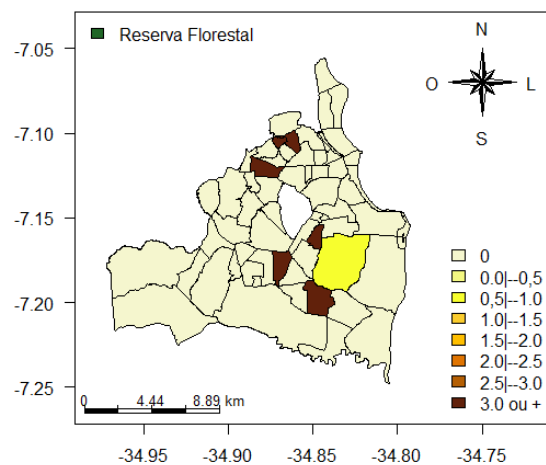
Setembro de 2011



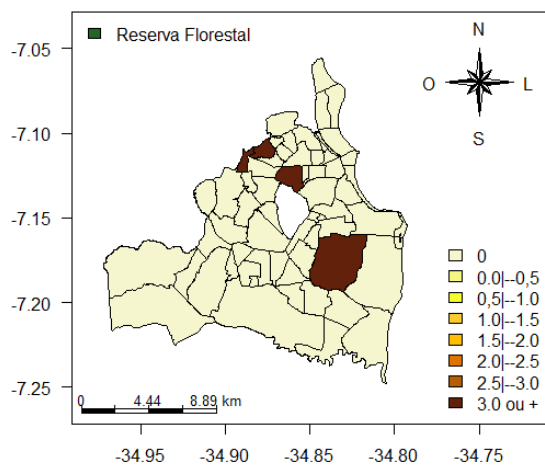
Outubro de 2011



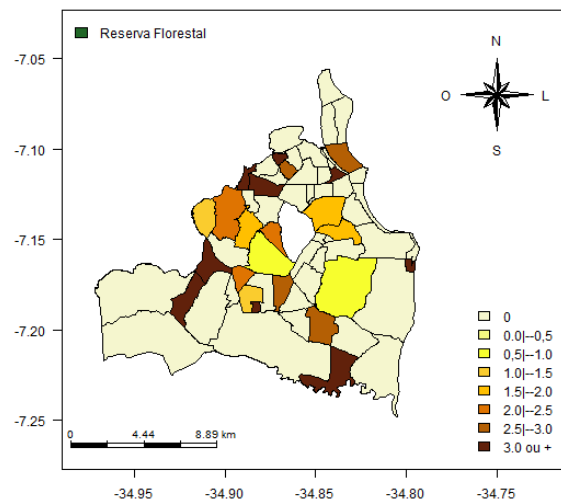
Novembro de 2011



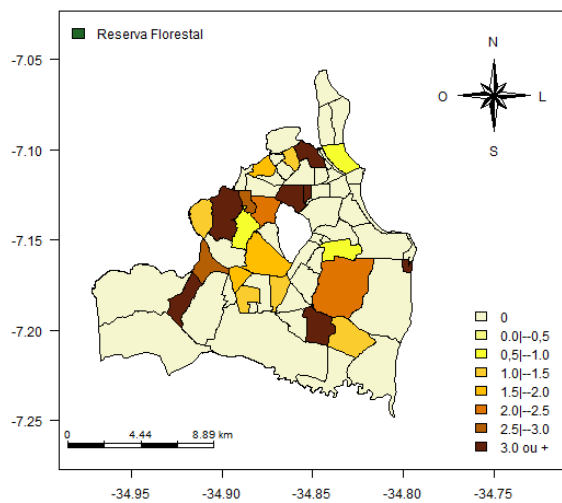
Dezembro de 2011



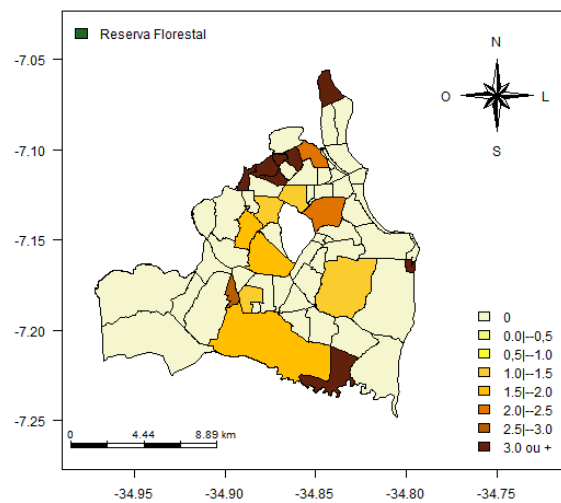
Janeiro de 2012



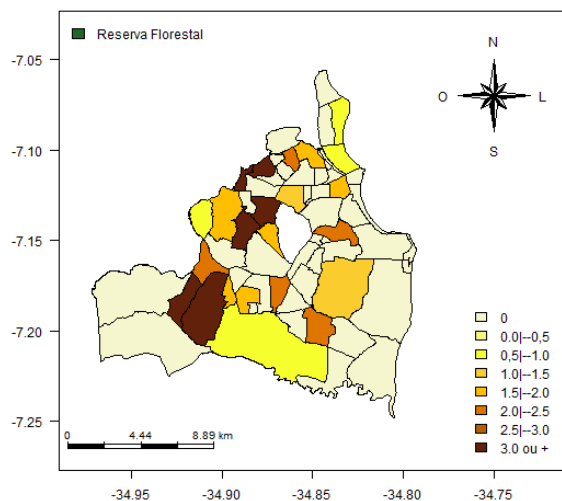
Fevereiro de 2012



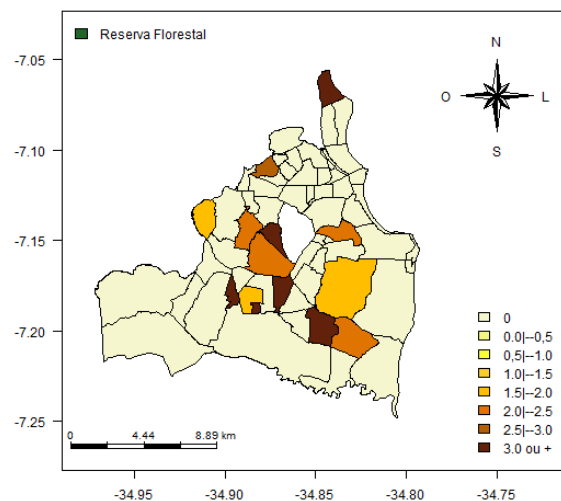
Março de 2012



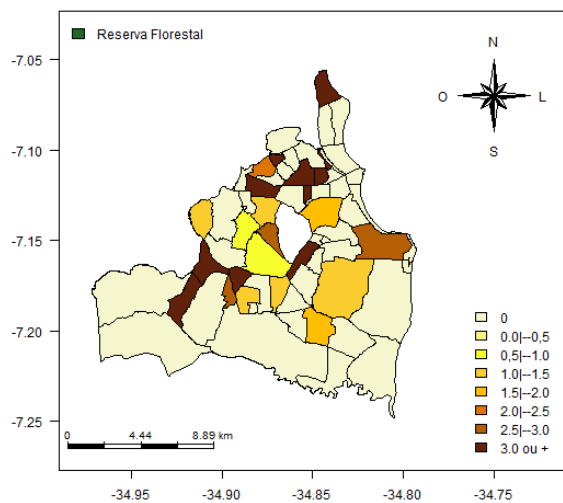
Abril de 2012



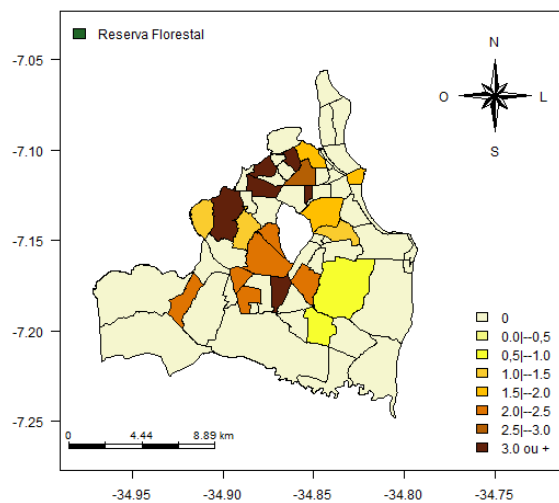
Maio de 2012



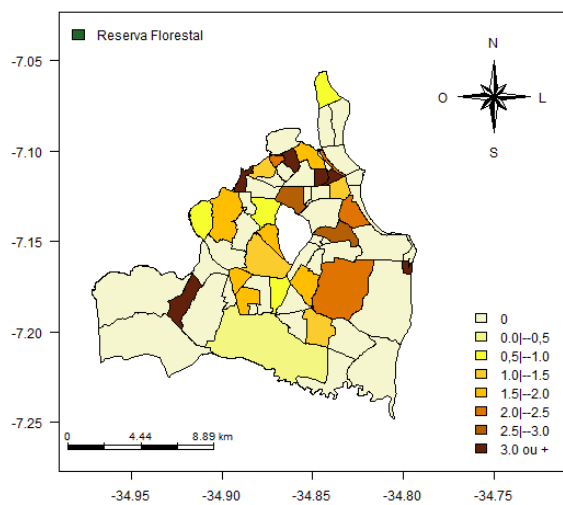
Junho de 2012



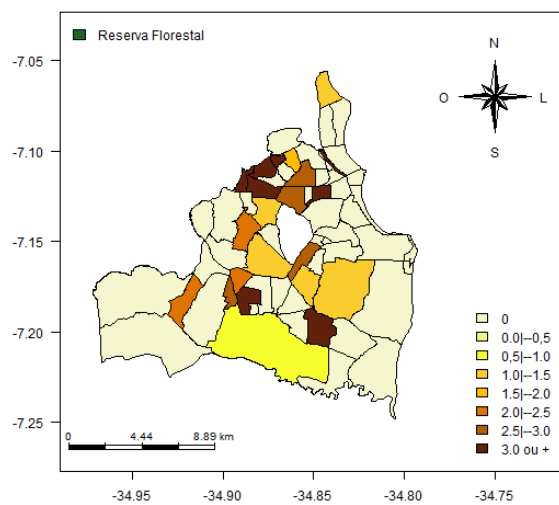
Julho de 2012



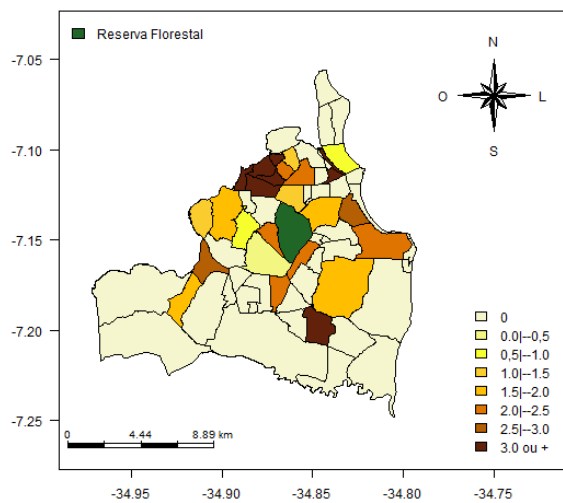
Agosto de 2012



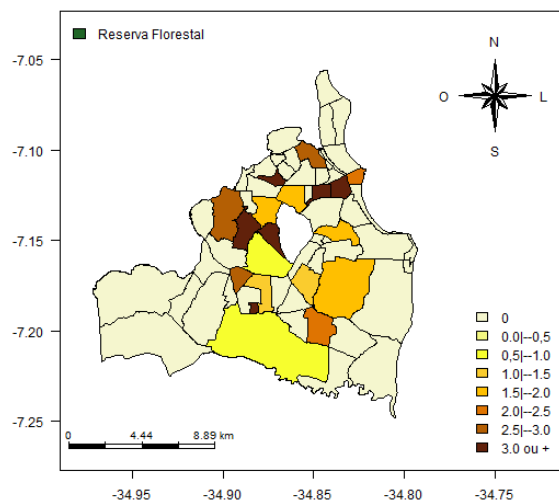
Setembro de 2012

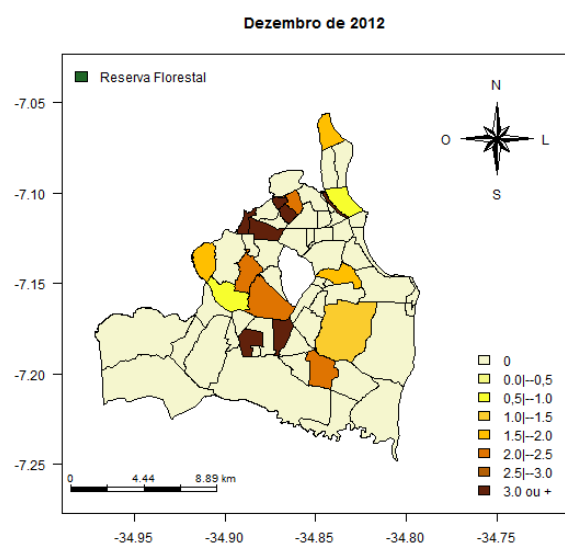


Outubro de 2012

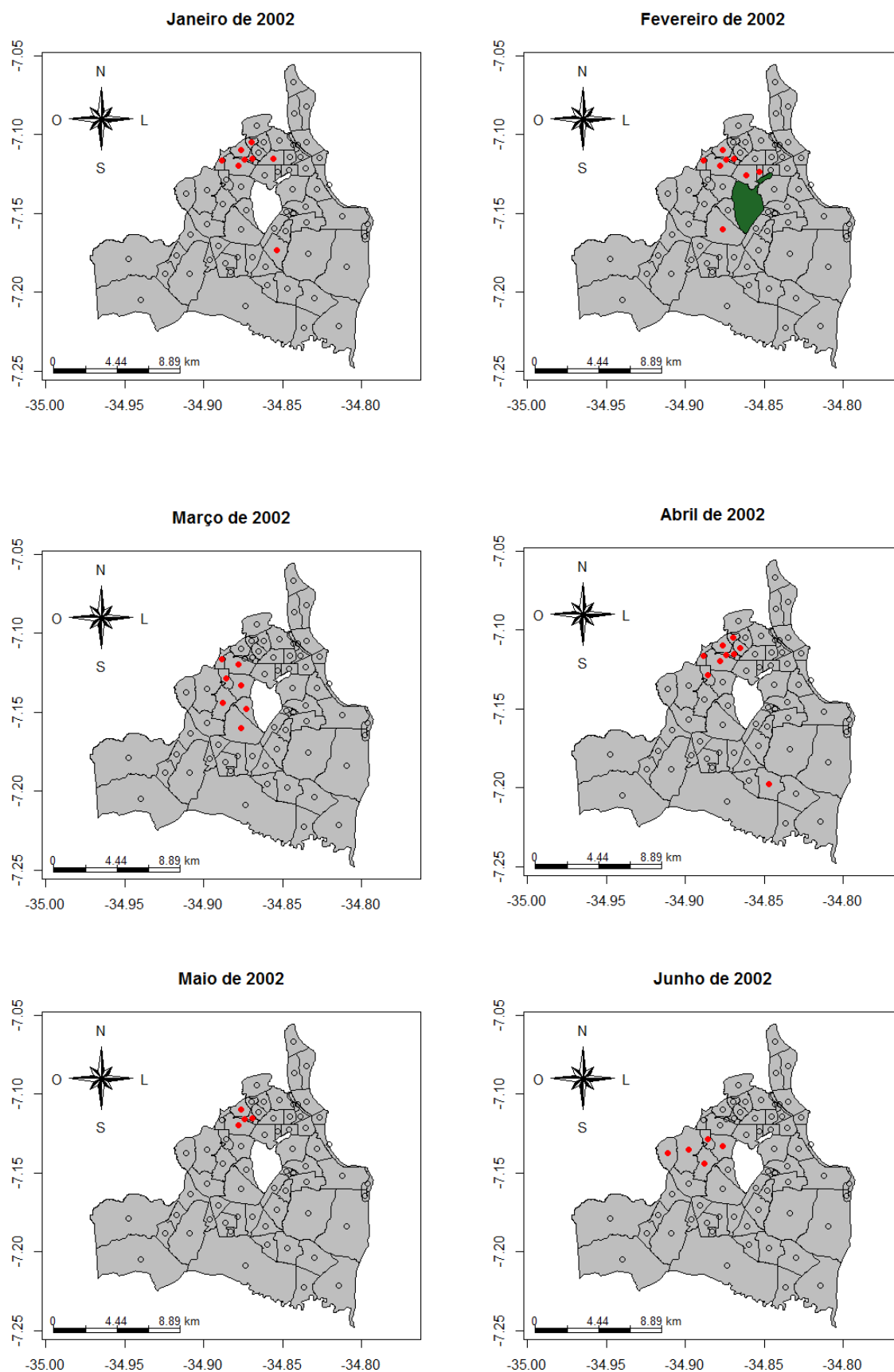


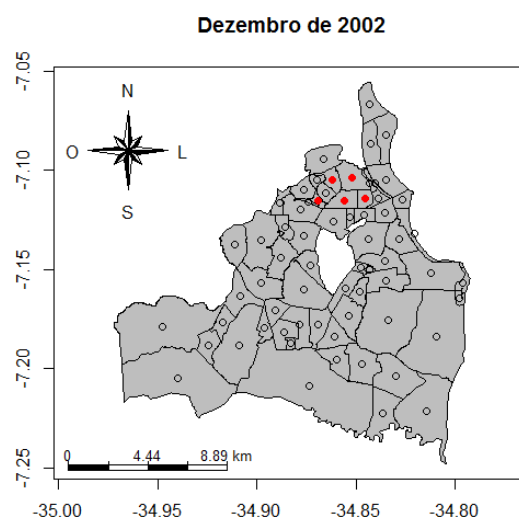
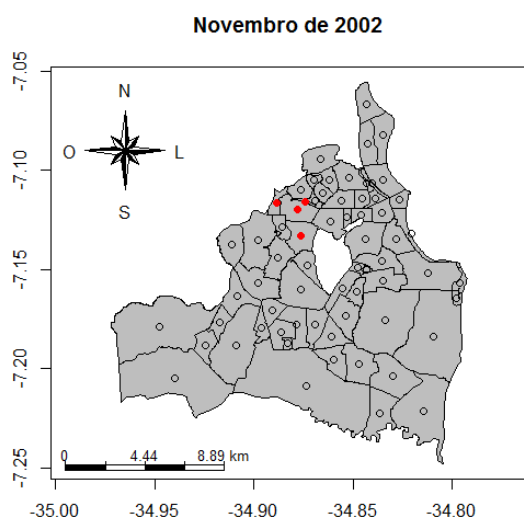
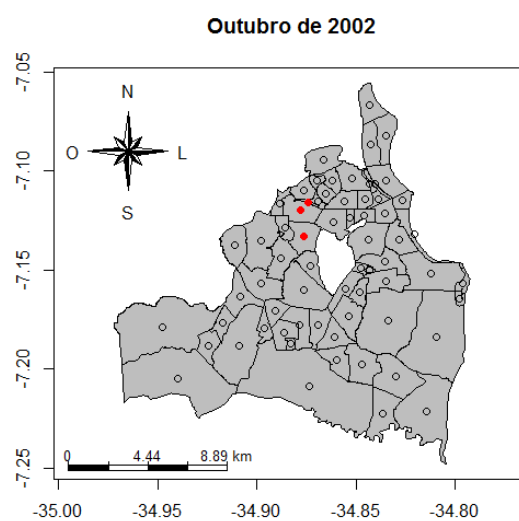
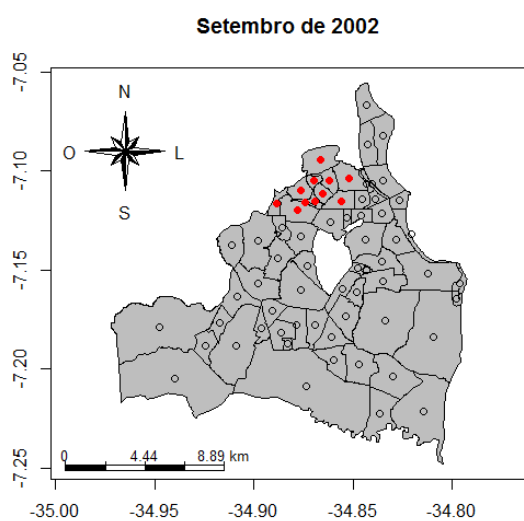
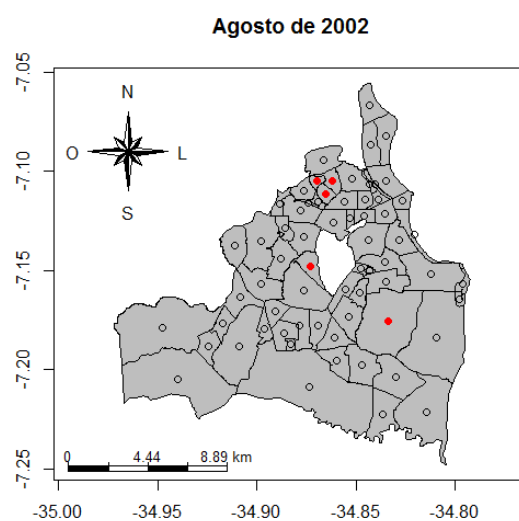
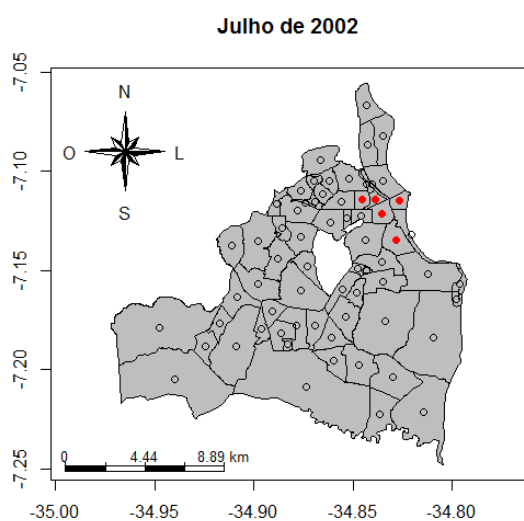
Novembro de 2012



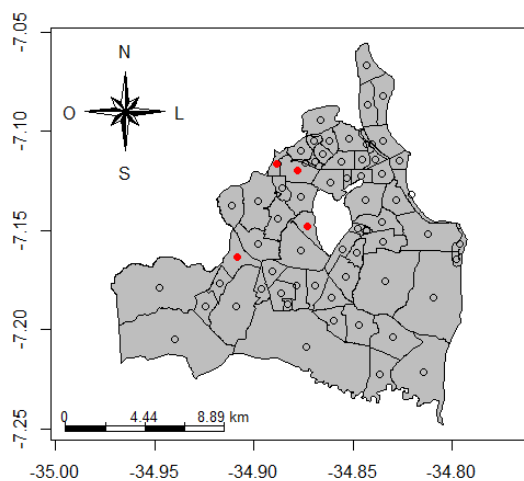


9.3 Mapas Scan espacial

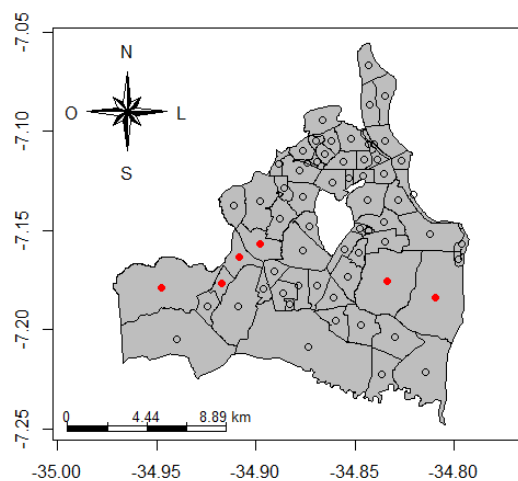




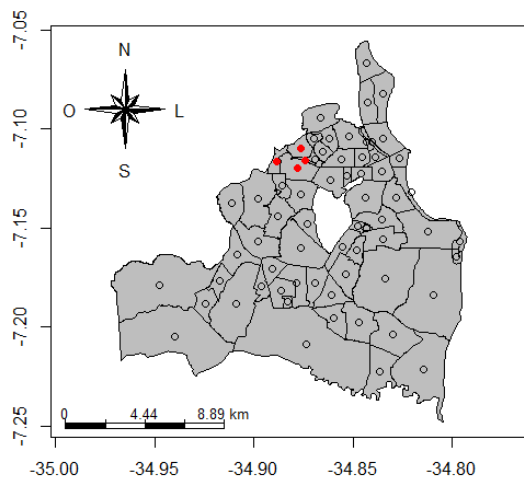
Janeiro de 2003



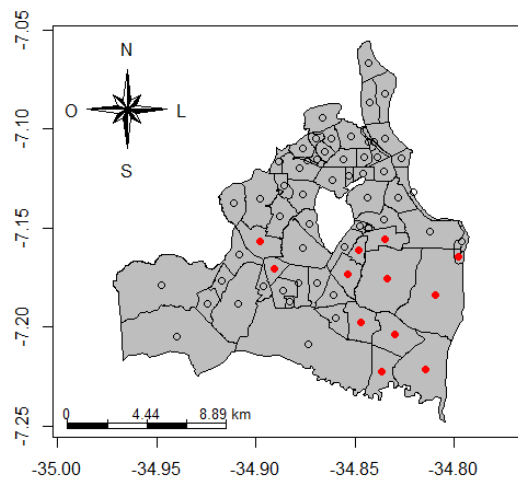
Fevereiro de 2003



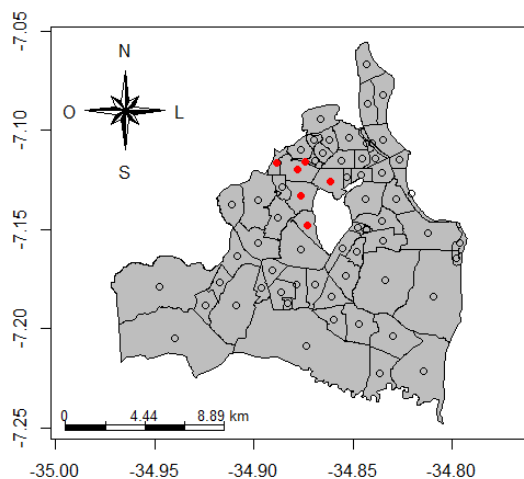
Março de 2003



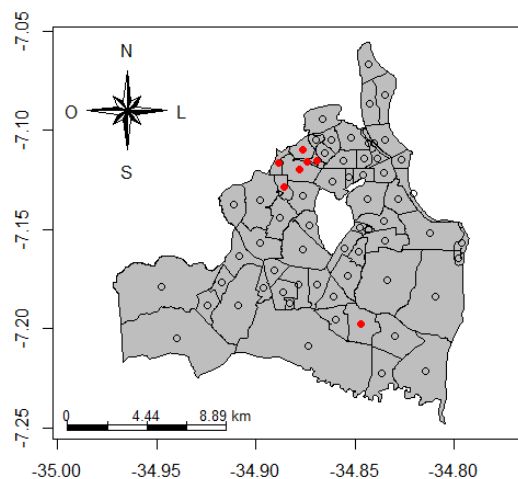
Abril de 2003

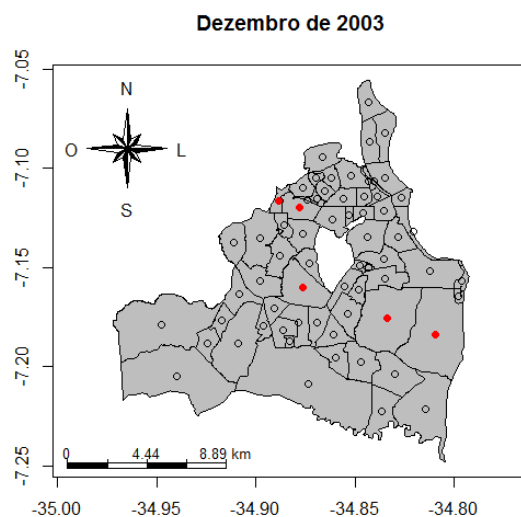
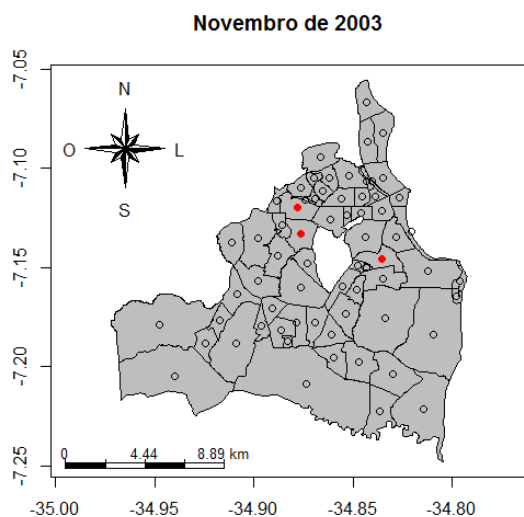
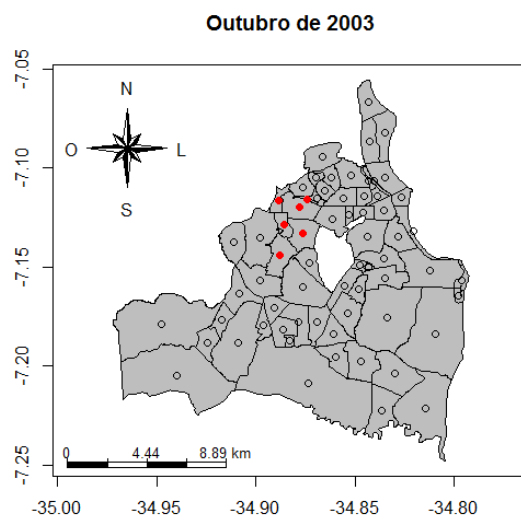
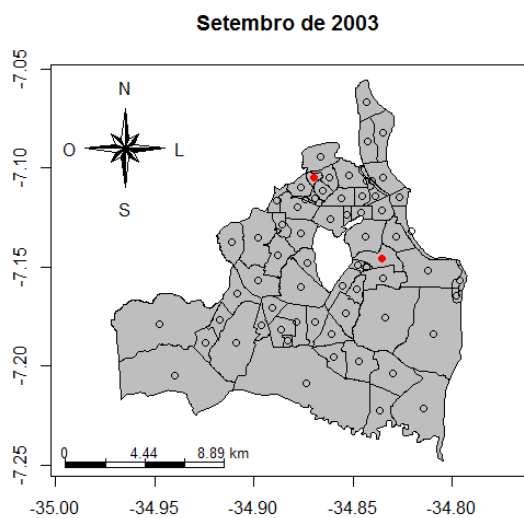
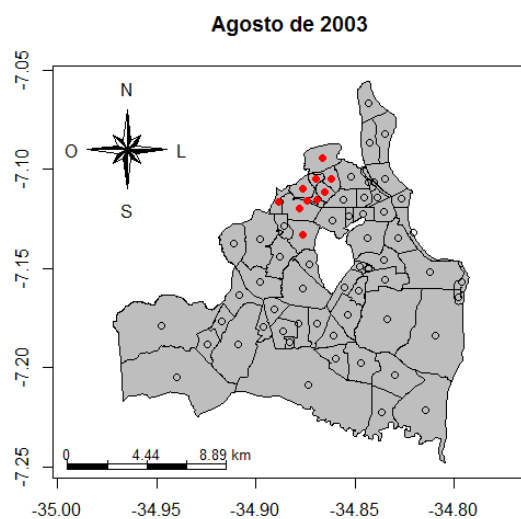
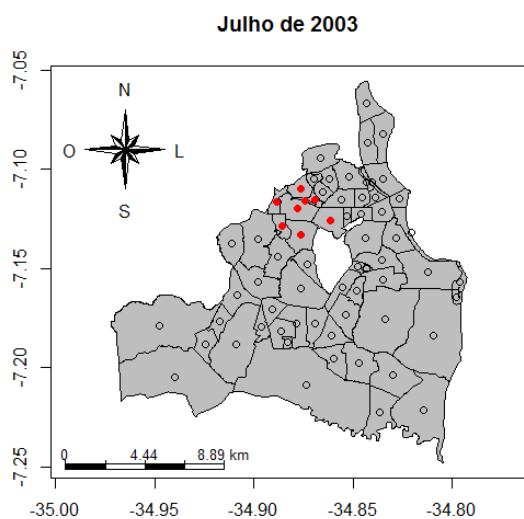


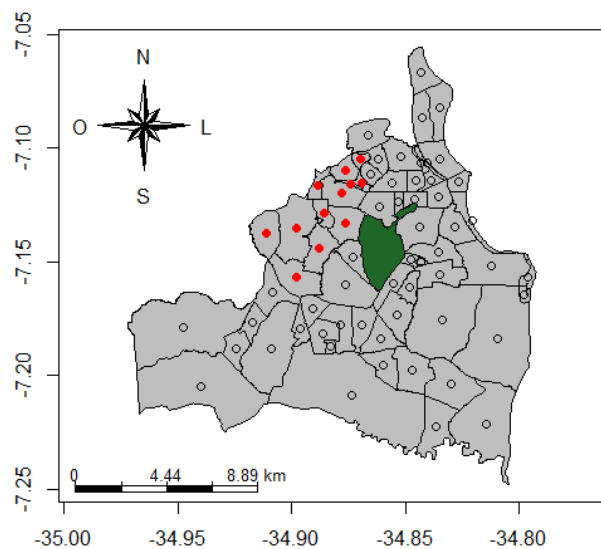
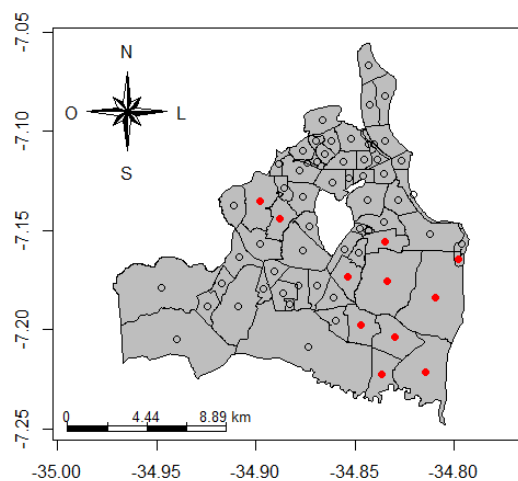
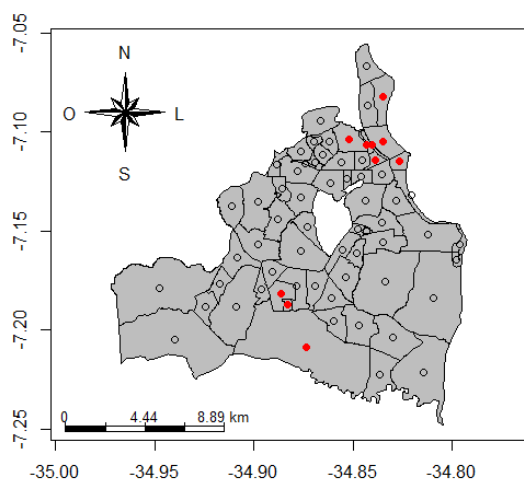
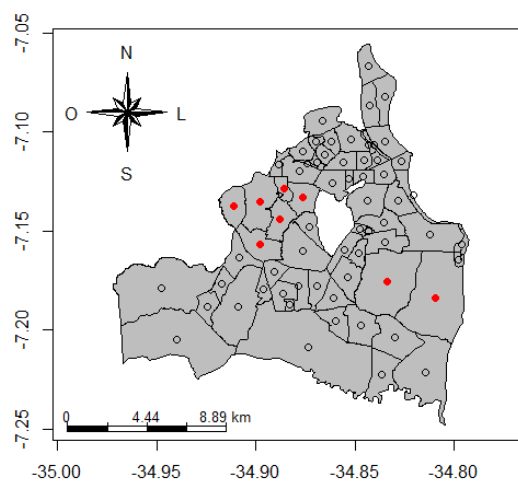
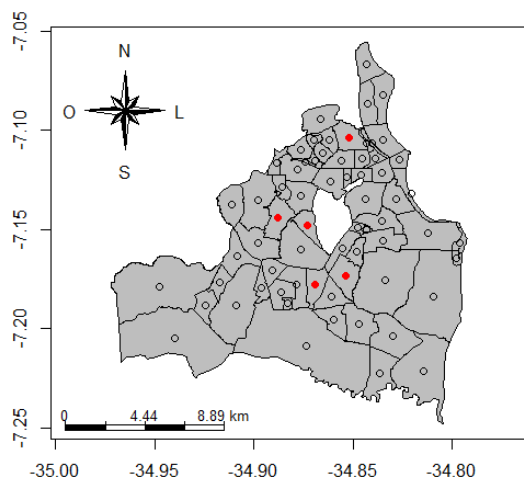
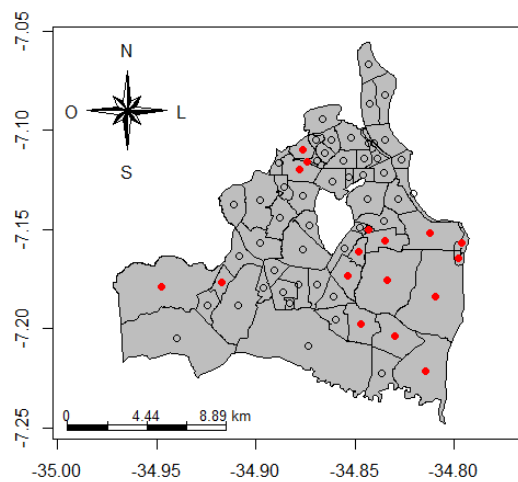
Maio de 2003



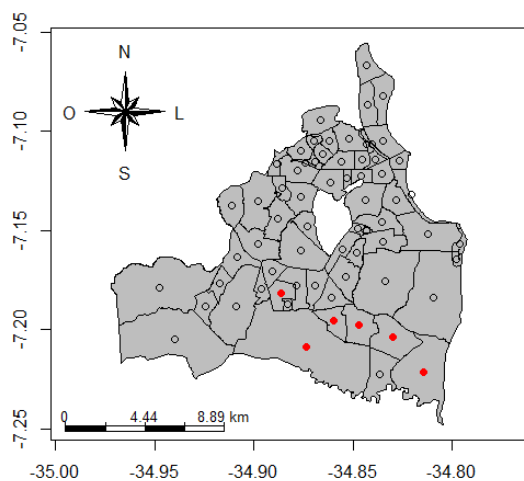
Junho de 2003



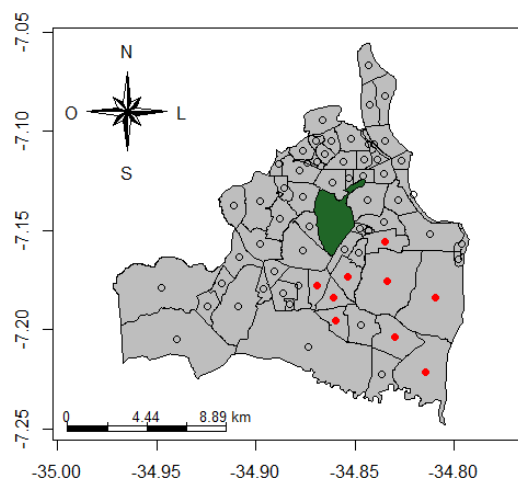


**Janeiro de 2004****Fevereiro de 2004****Março de 2004****Abril de 2003****Maio de 2004**

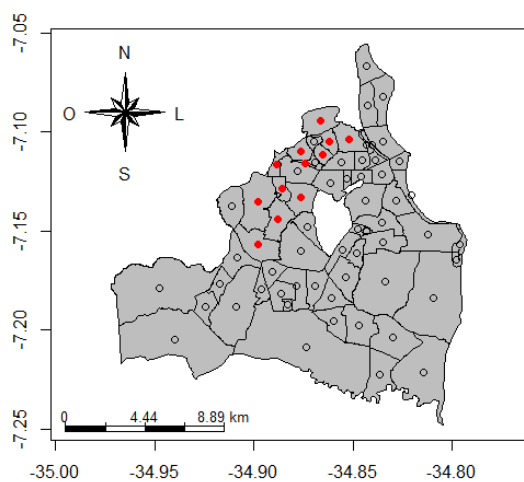
Junho de 2004



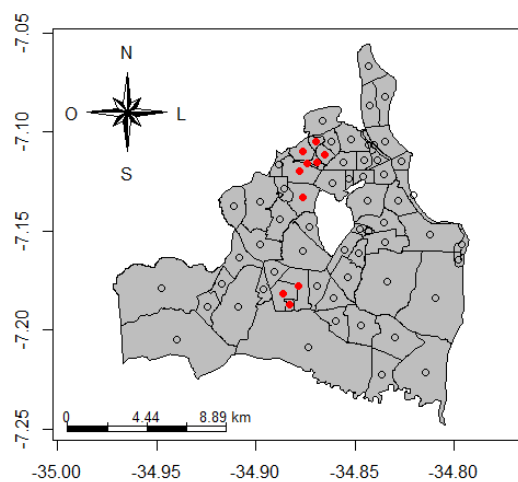
Julho de 2004



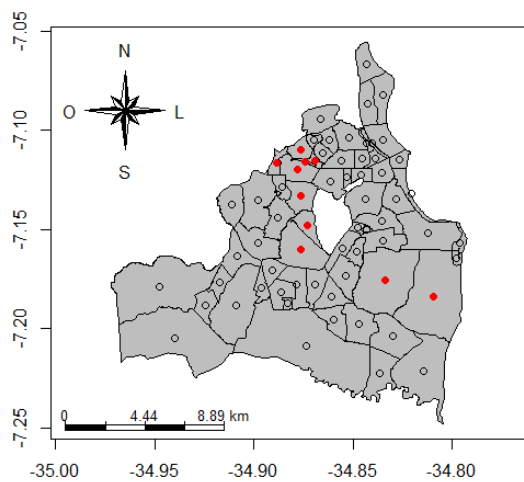
Agosto de 2004



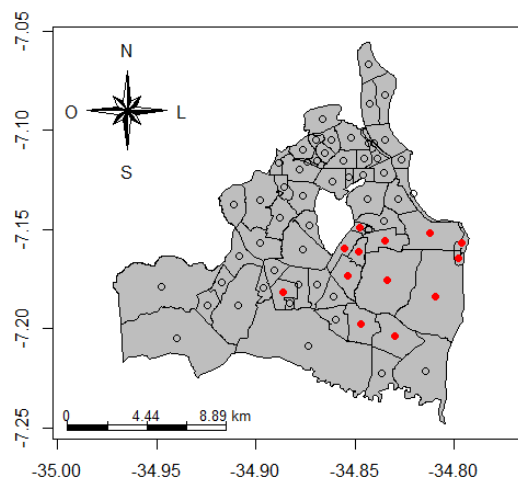
Setembro de 2004

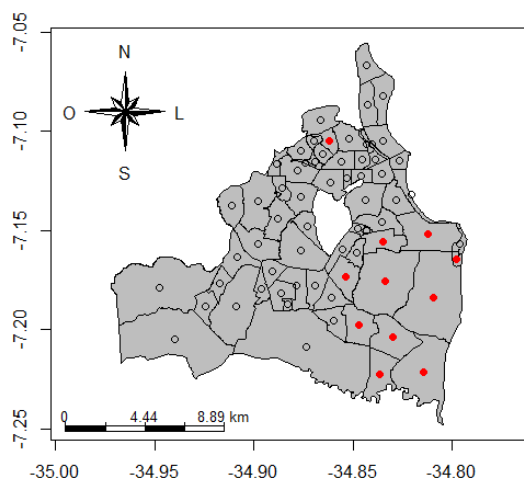
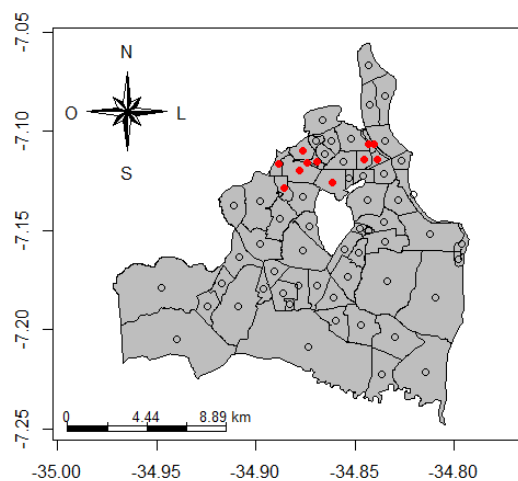
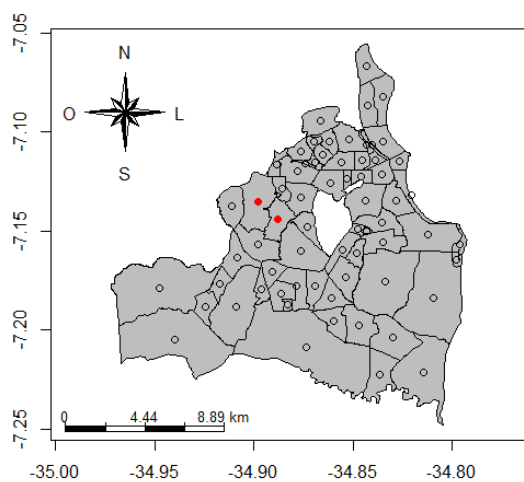
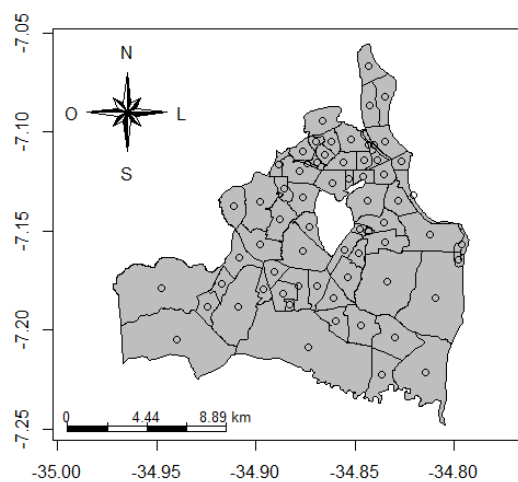
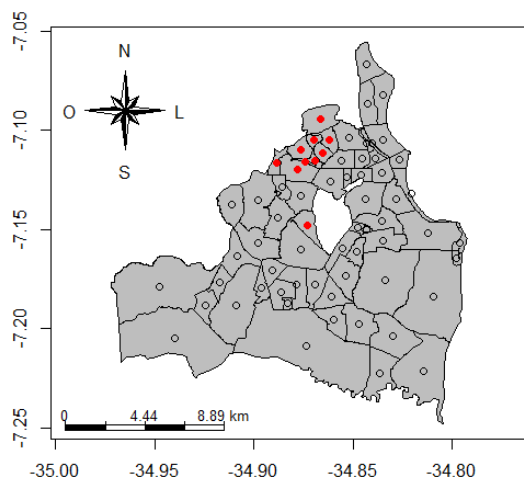
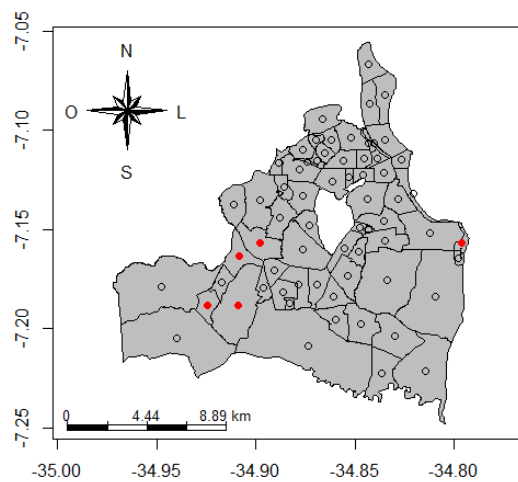


Outubro de 2004

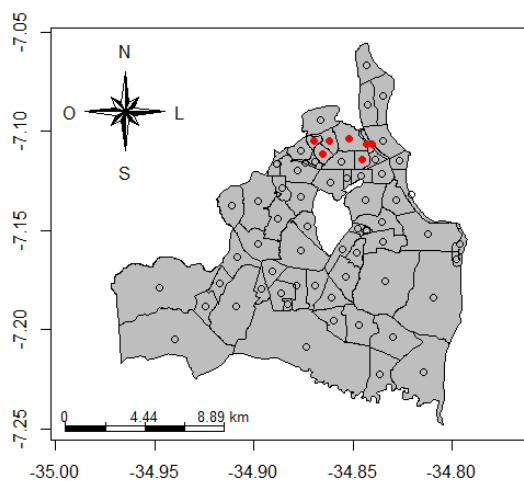


Novembro de 2004

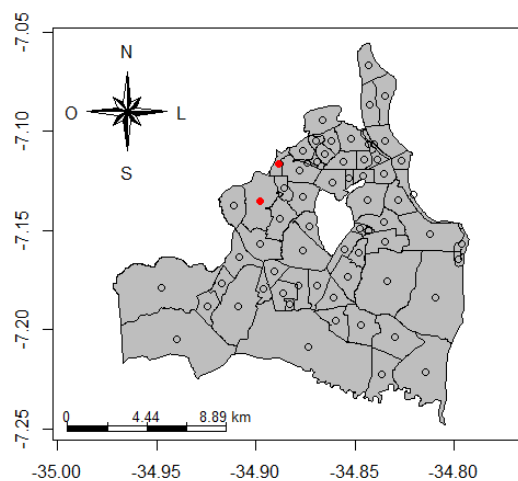


Dezembro de 2004**Janeiro de 2005****Fevereiro de 2005****Março de 2005****Abril de 2005****Mai de 2005**

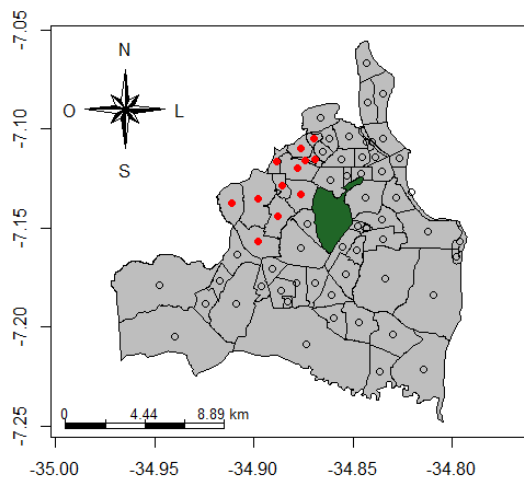
Junho de 2005



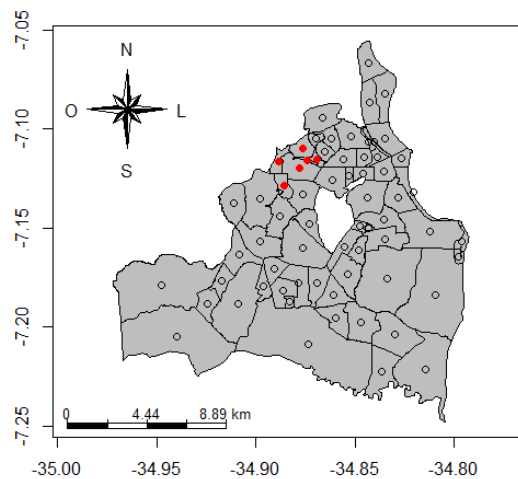
Julho de 2005



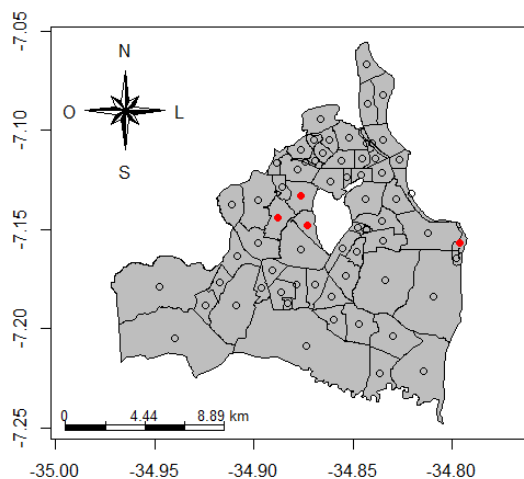
Agosto de 2005



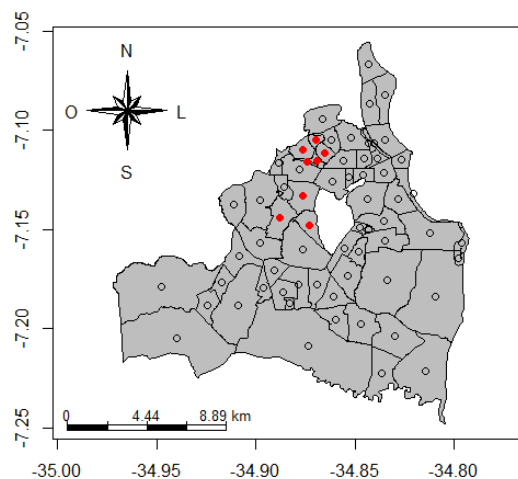
Setembro de 2005



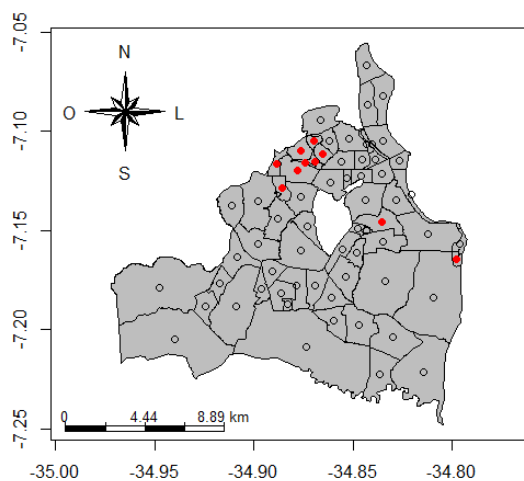
Outubro de 2005



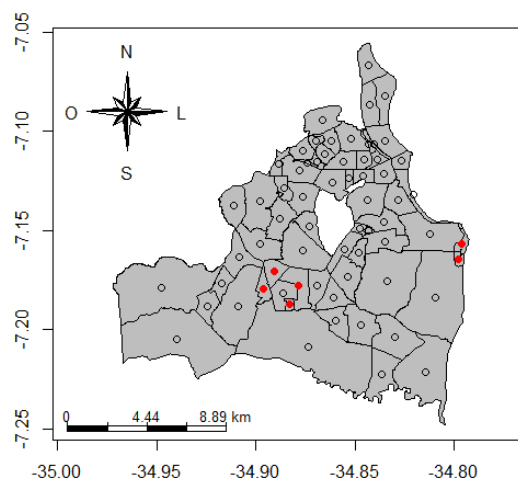
Novembro de 2005



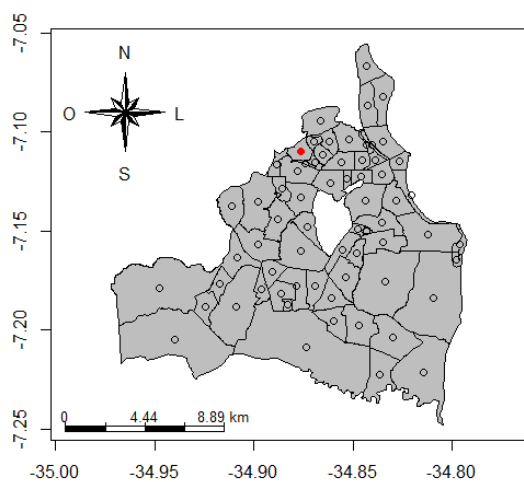
Dezembro de 2005



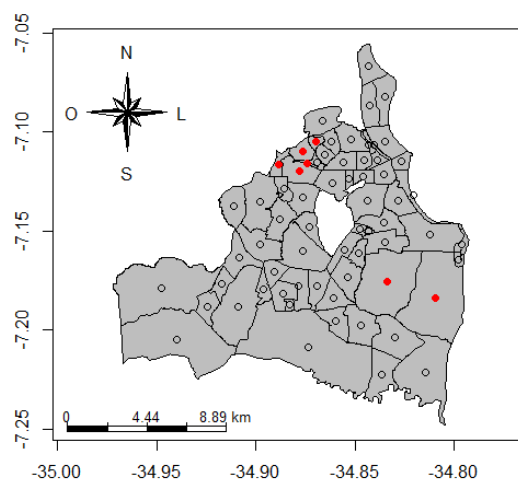
Janeiro de 2006



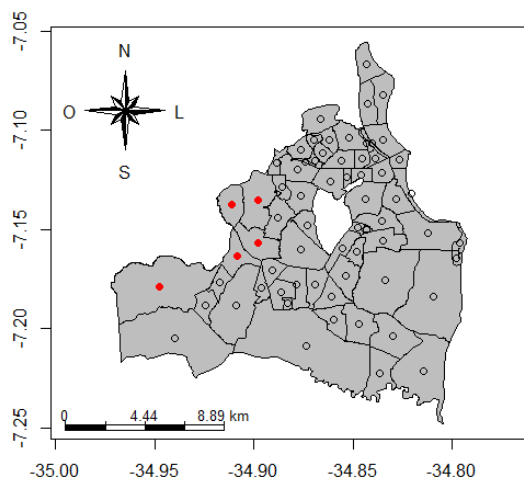
Fevereiro de 2006



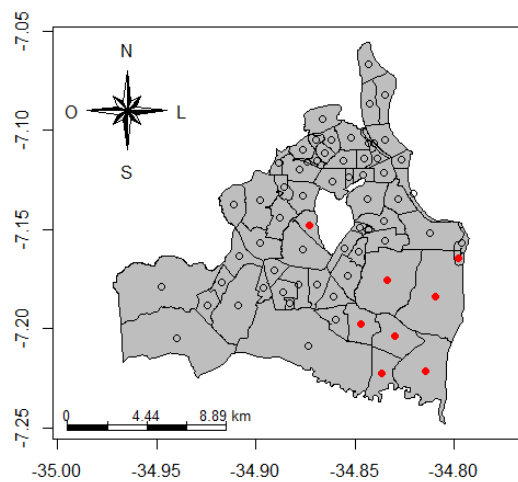
Março de 2006



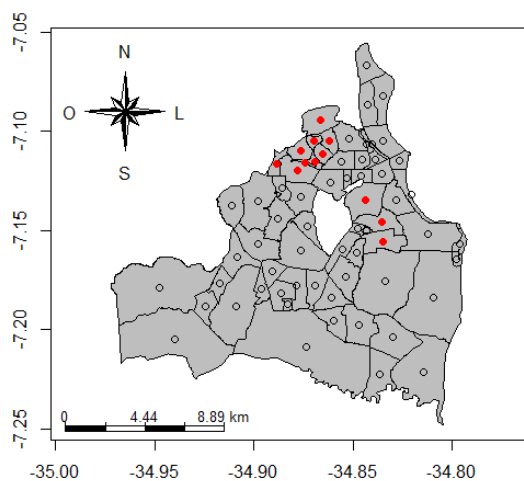
Abril de 2006



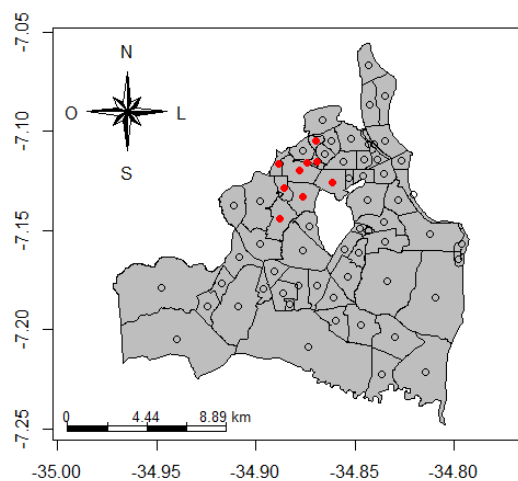
Maio de 2006



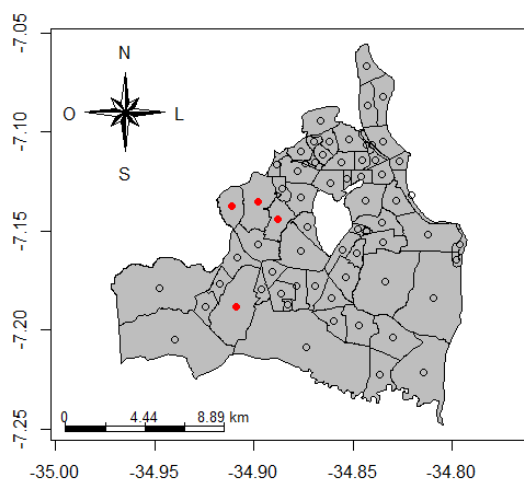
Junho de 2006



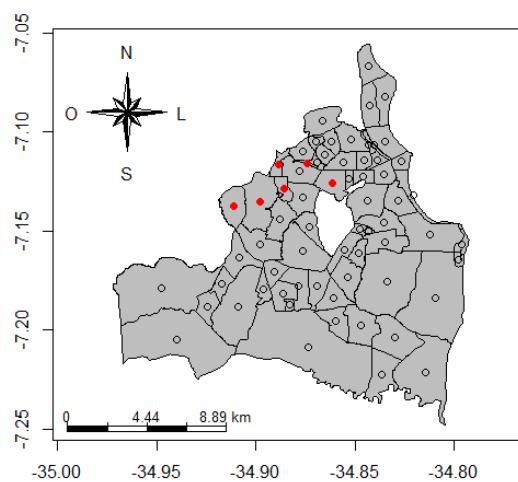
Julho de 2006



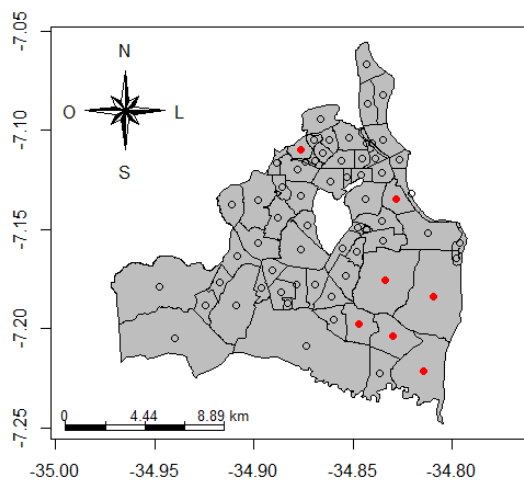
Agosto de 2005



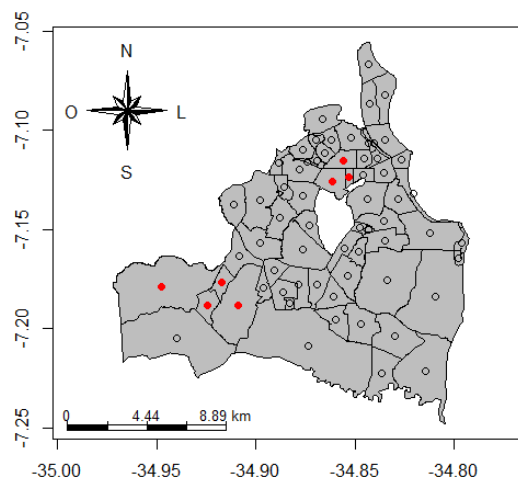
Setembro de 2006

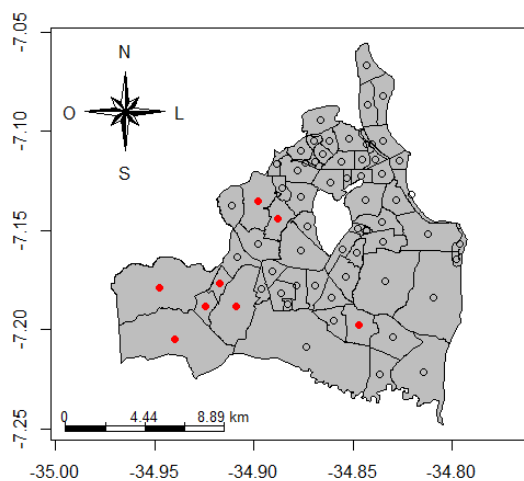
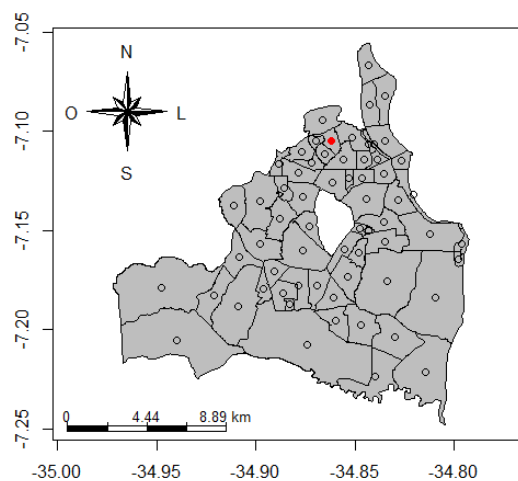
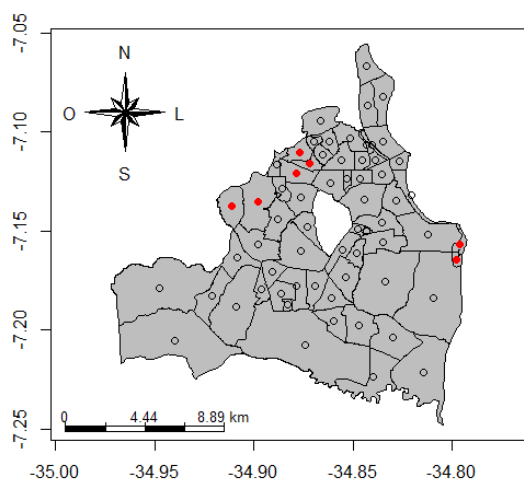
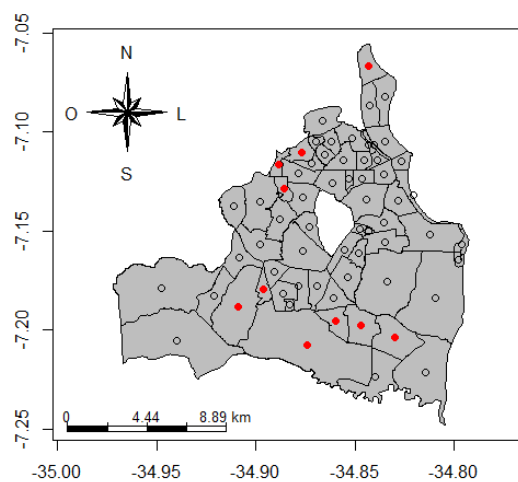
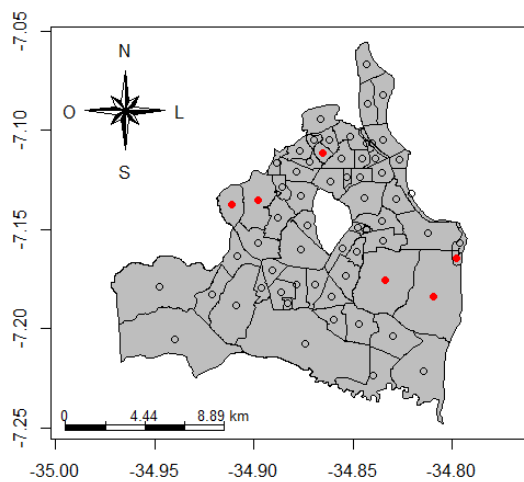
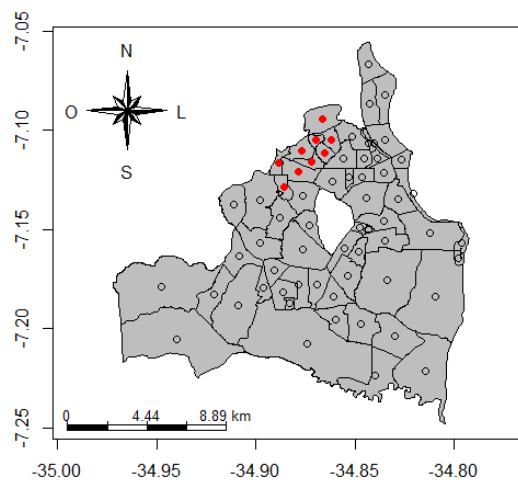


Outubro de 2006

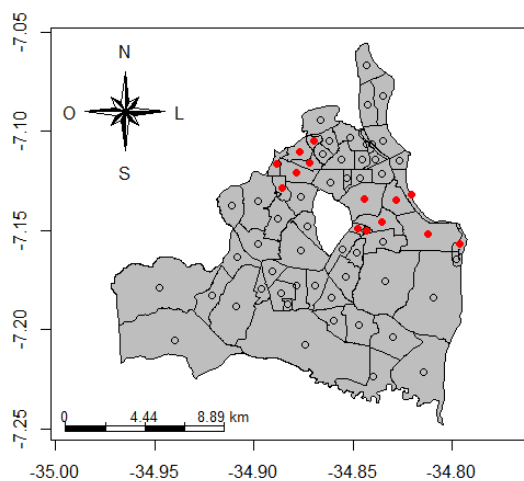


Novembro de 2006

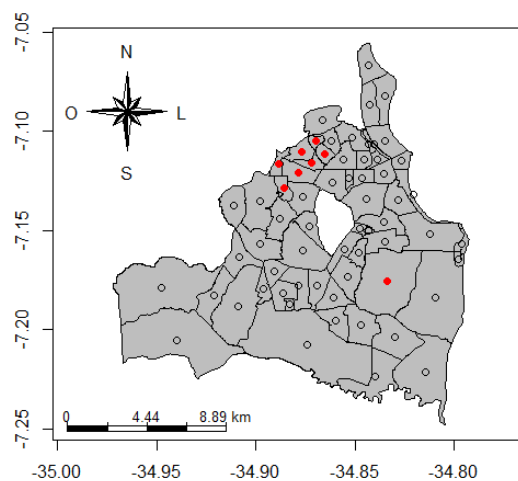


Dezembro de 2006**Janeiro de 2007****Fevereiro de 2007****Março de 2007****Abril de 2007****Mai de 2007**

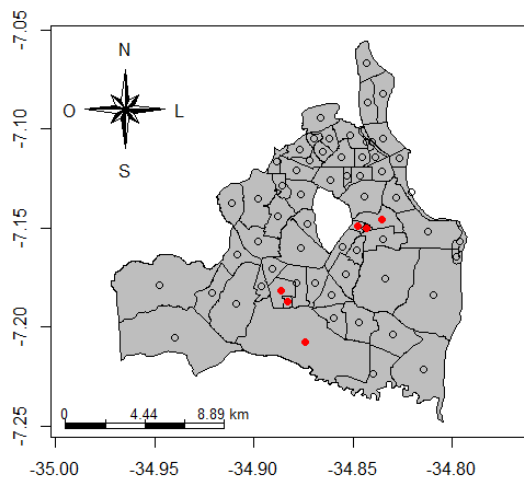
Junho de 2007



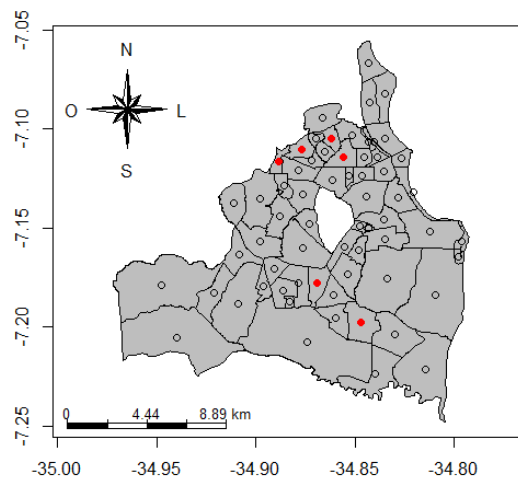
julho de 2007



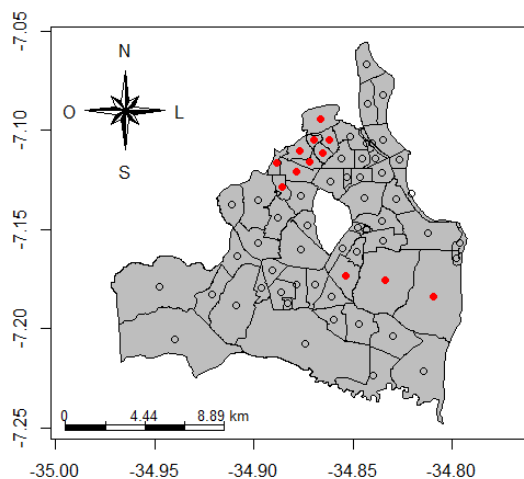
Agosto de 2007



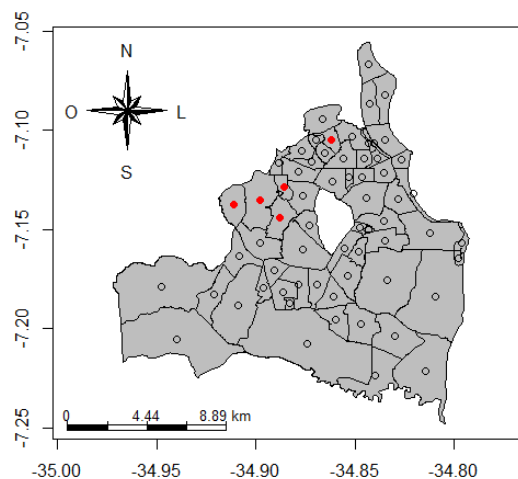
Setembro de 2007



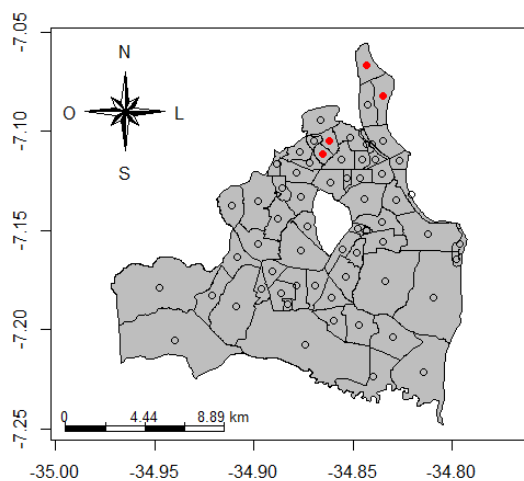
Outubro de 2007



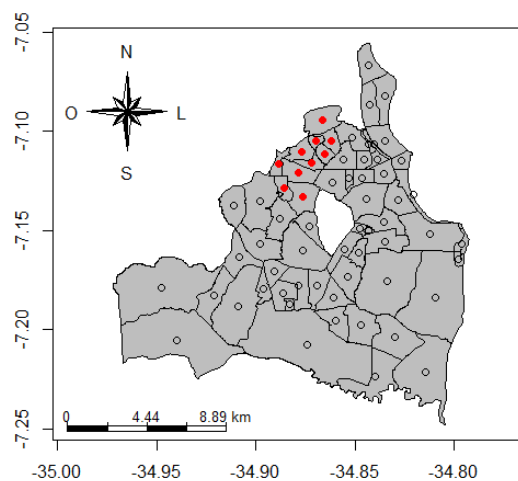
Novembro de 2007



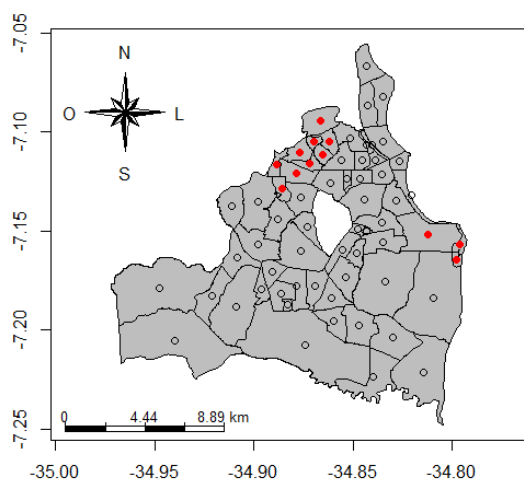
Dezembro de 2007



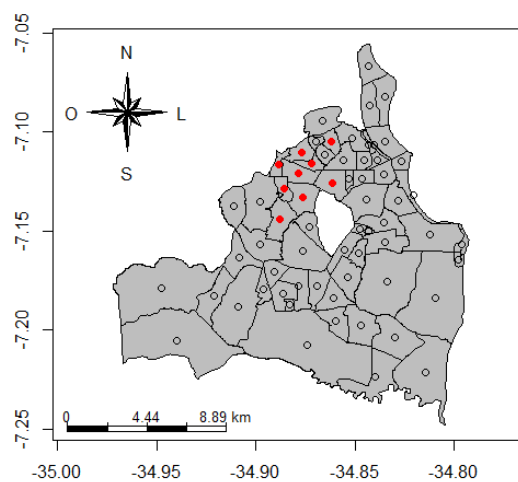
Janeiro de 2008



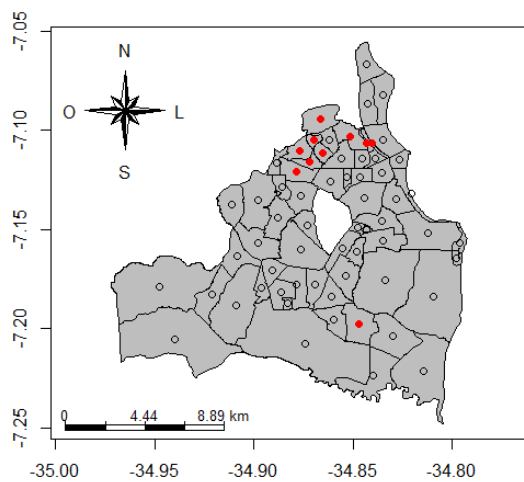
Fevereiro de 2008



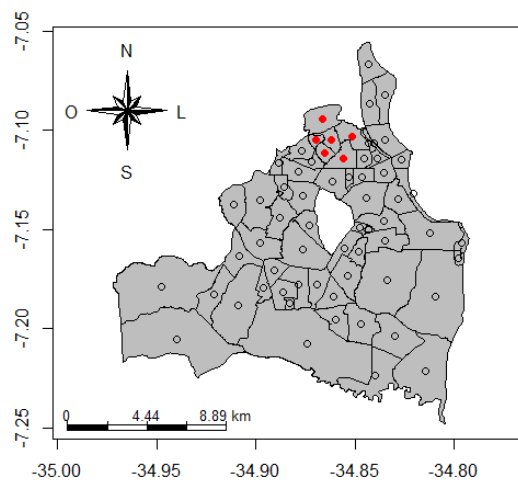
Março de 2008



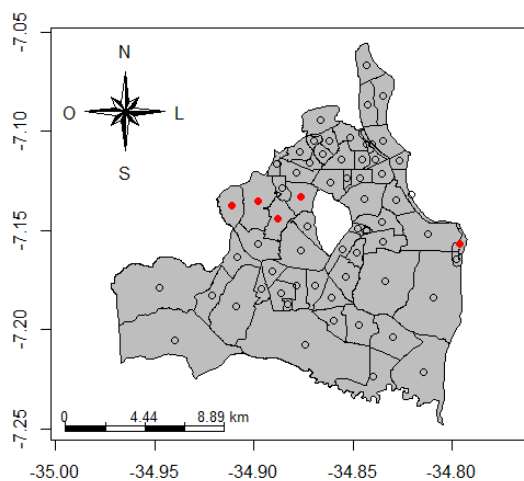
Abril de 2008



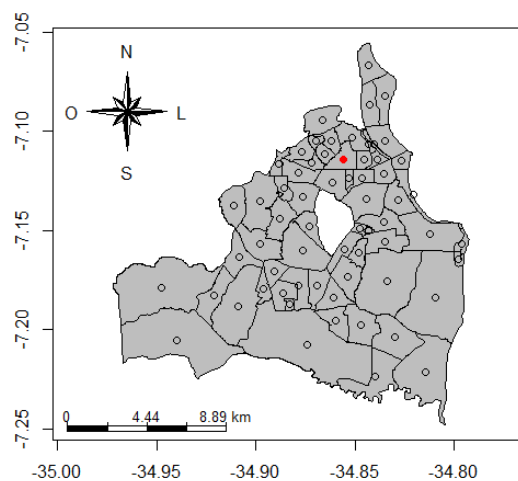
Maio de 2008



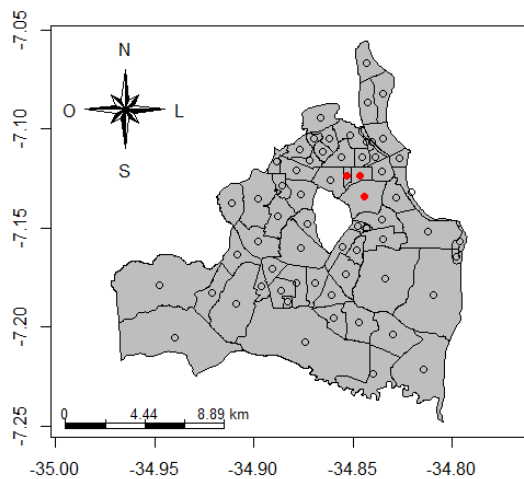
Junho de 2008



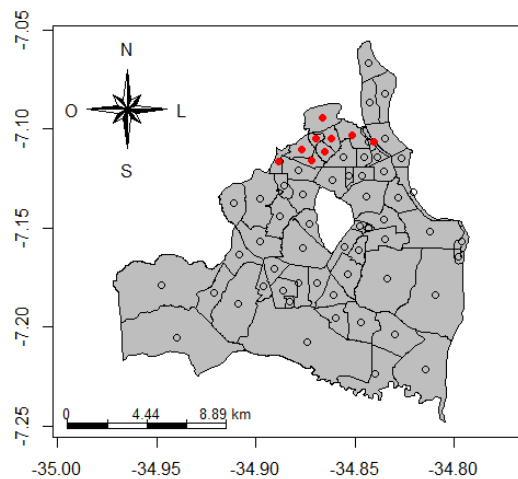
julho de 2008



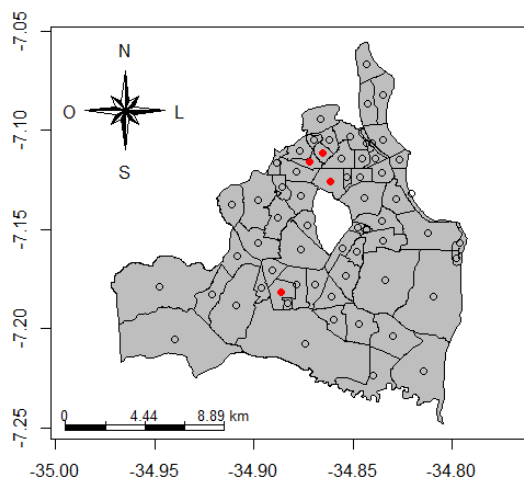
Agosto de 2008



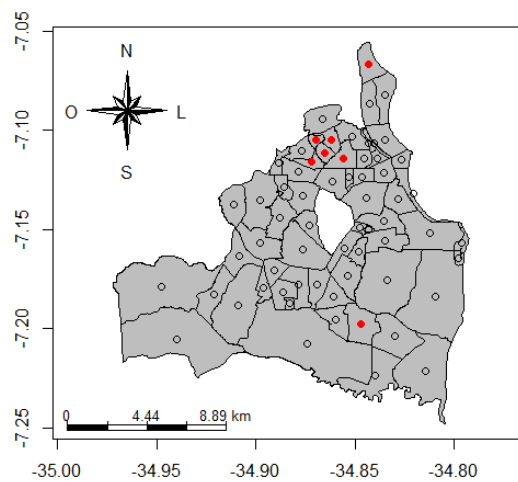
Setembro de 2008

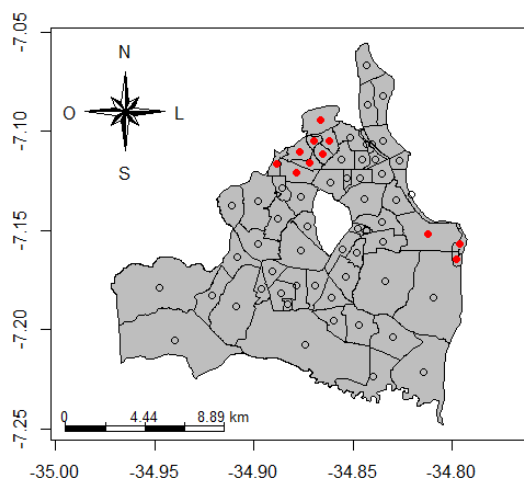
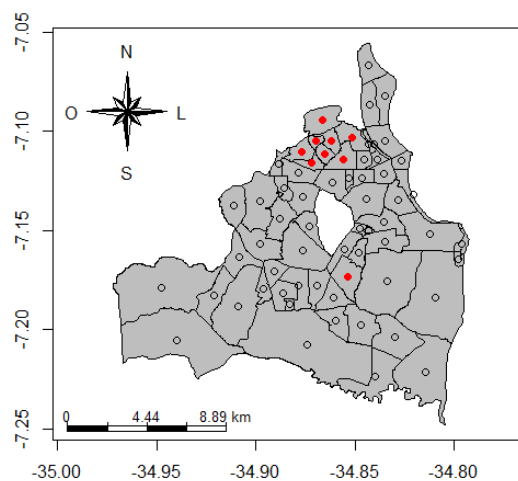
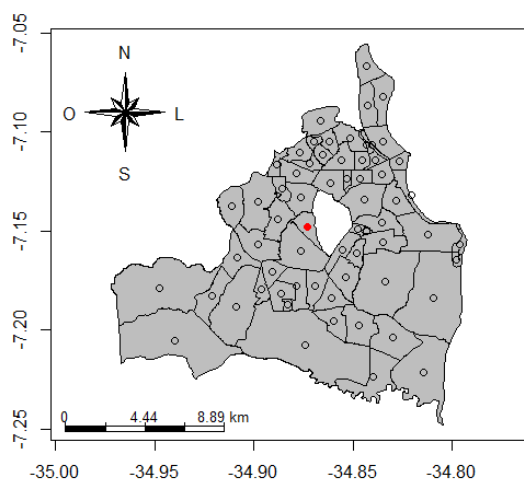
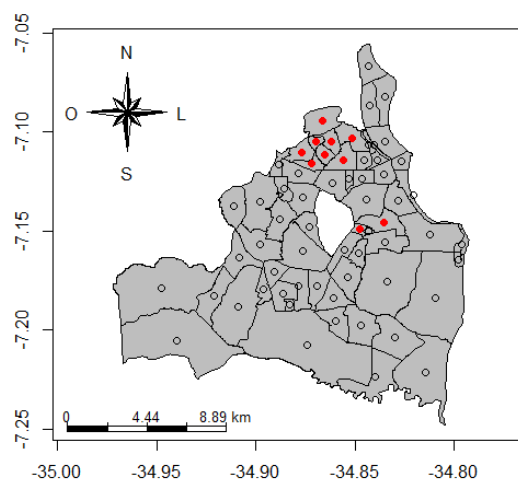
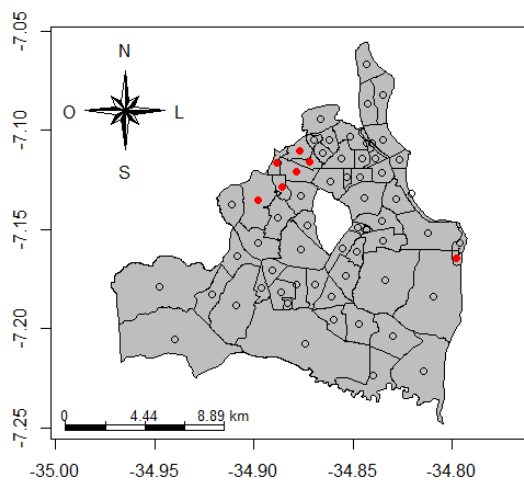
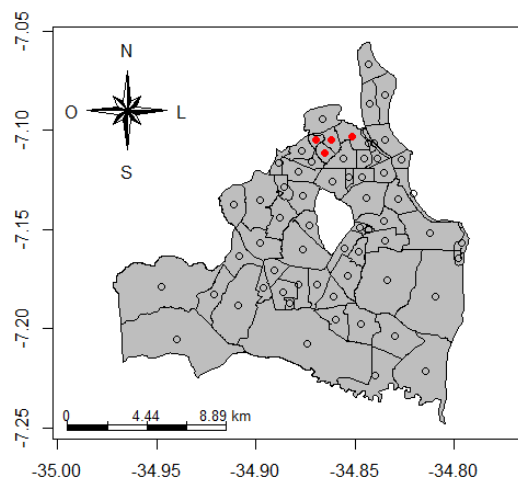


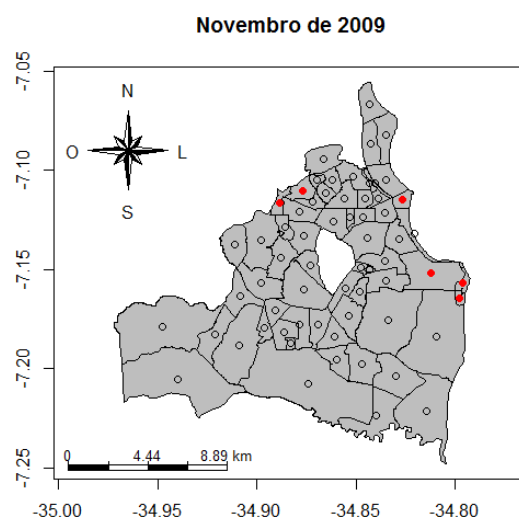
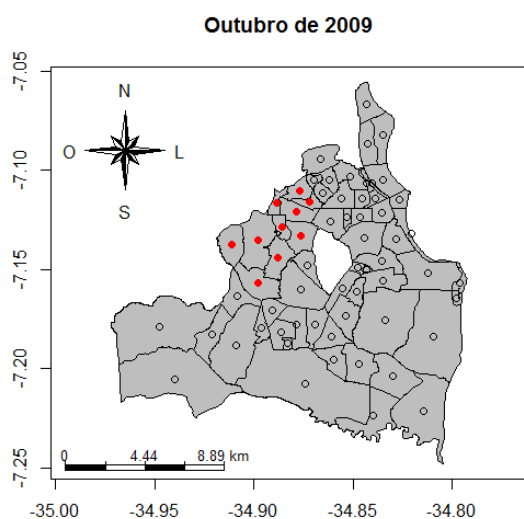
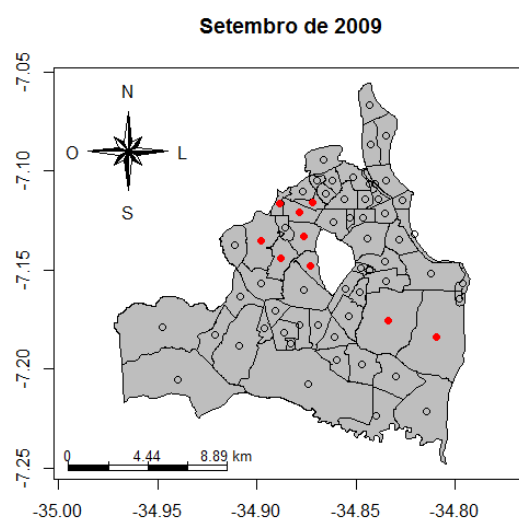
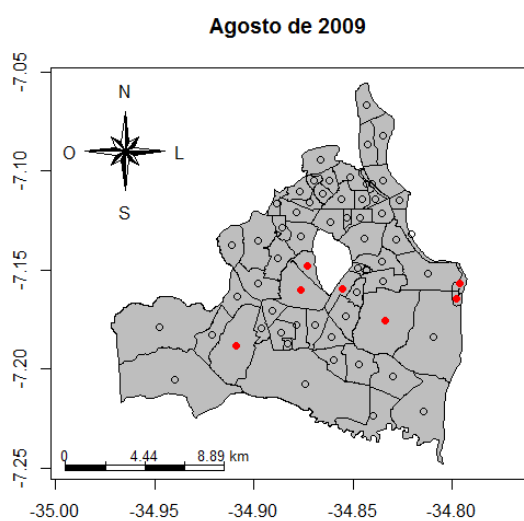
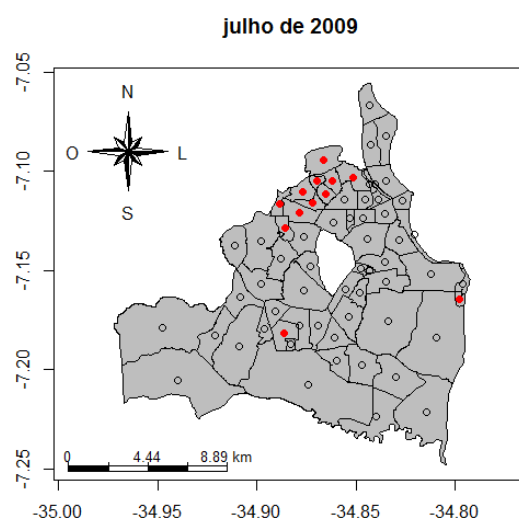
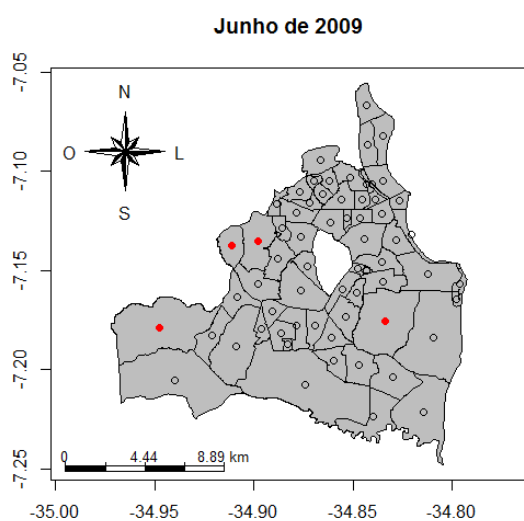
Outubro de 2008

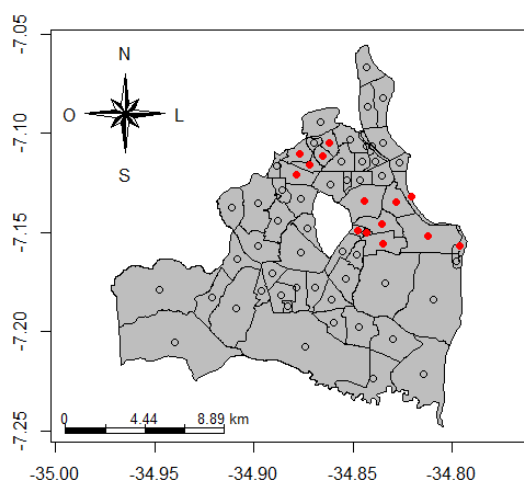
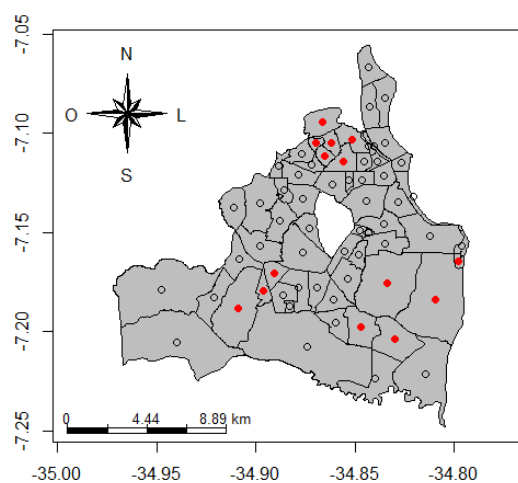
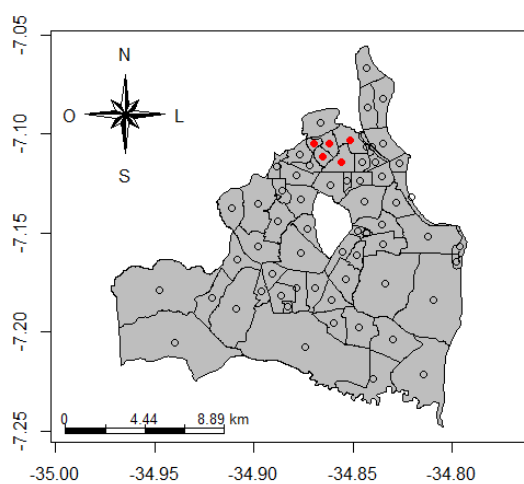
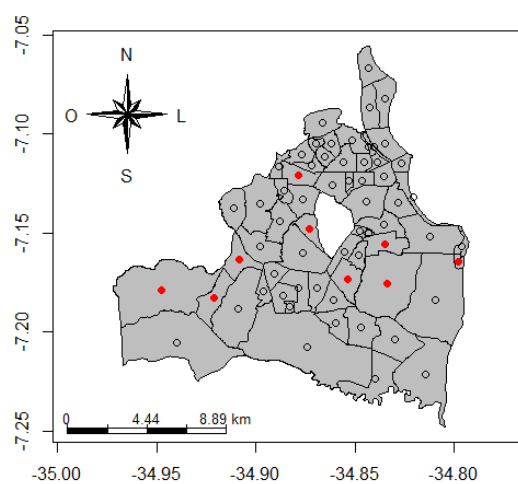
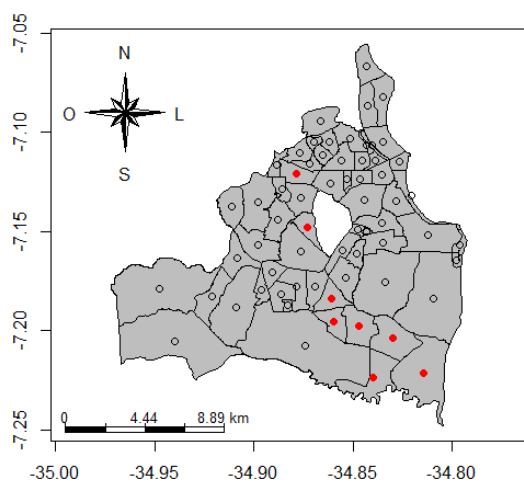
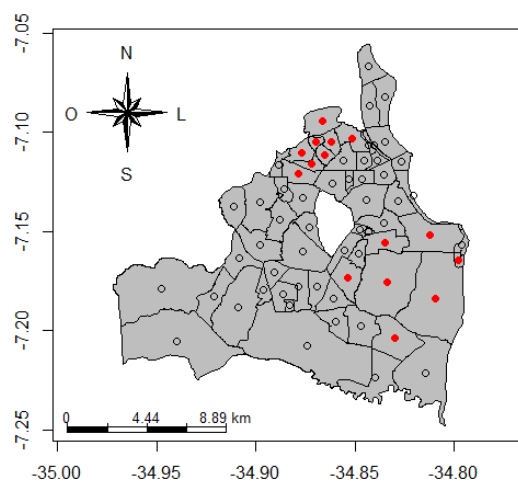


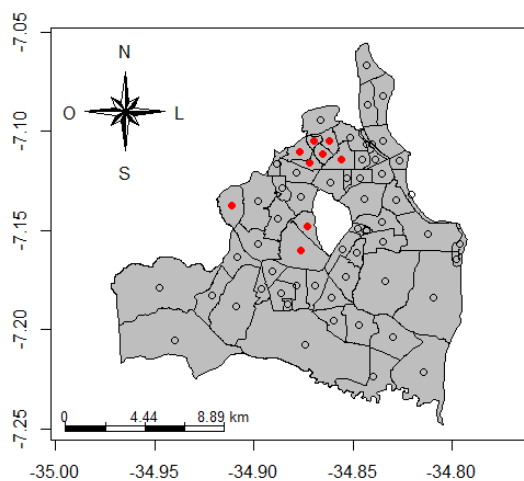
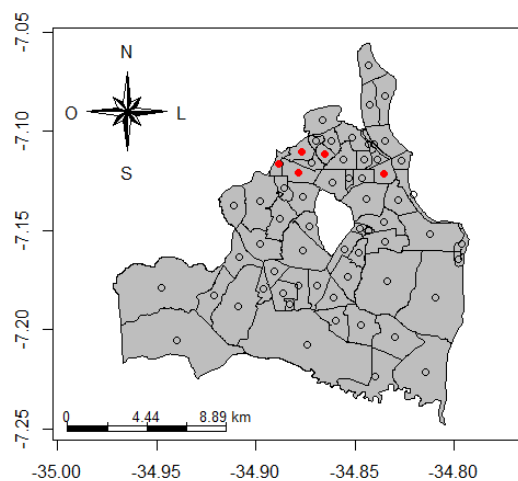
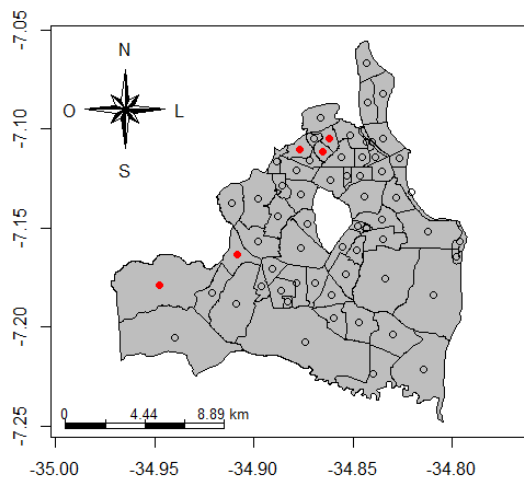
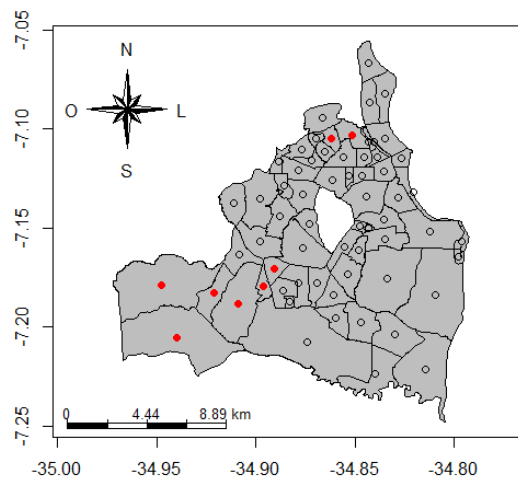
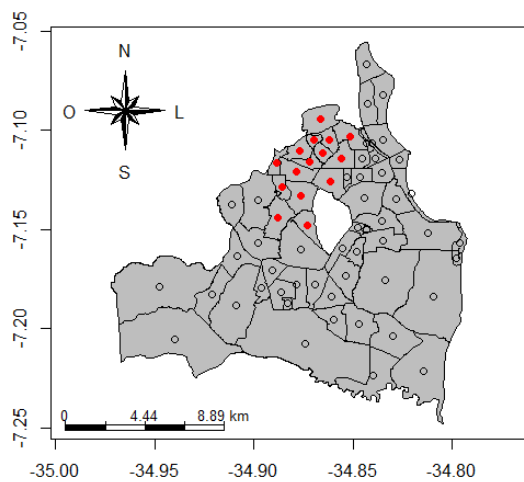
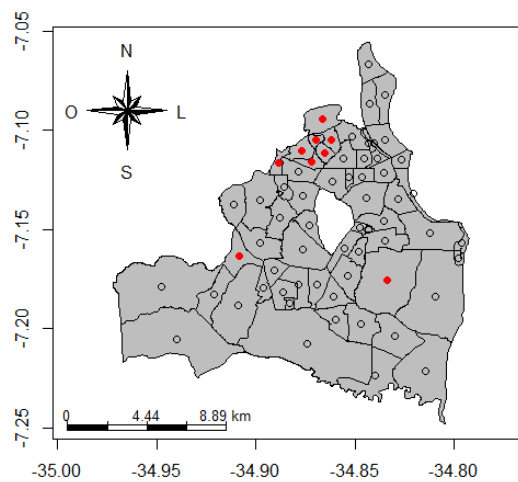
Novembro de 2008

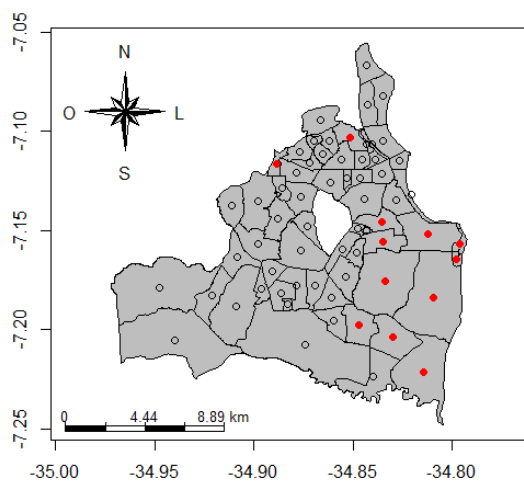
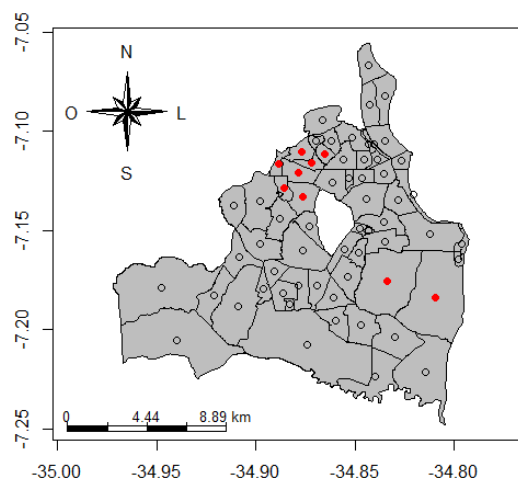
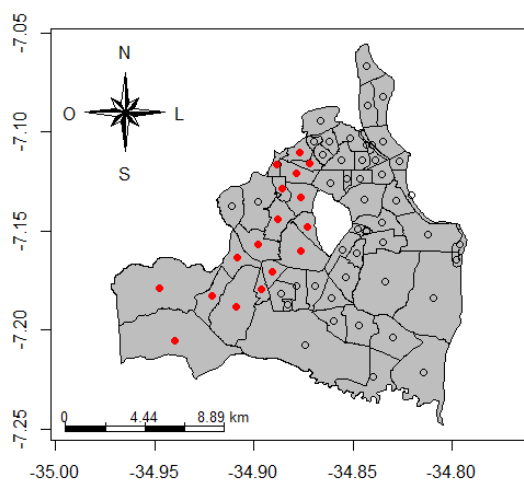
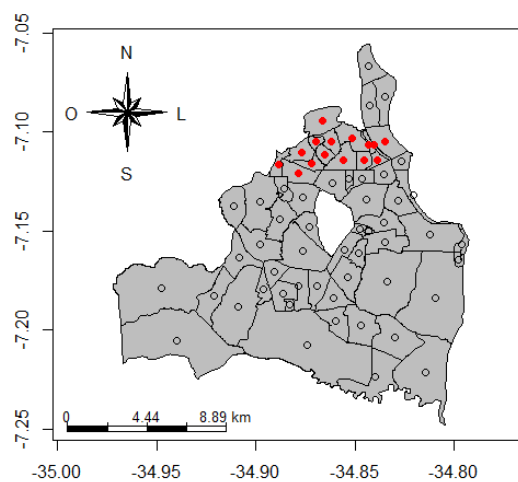
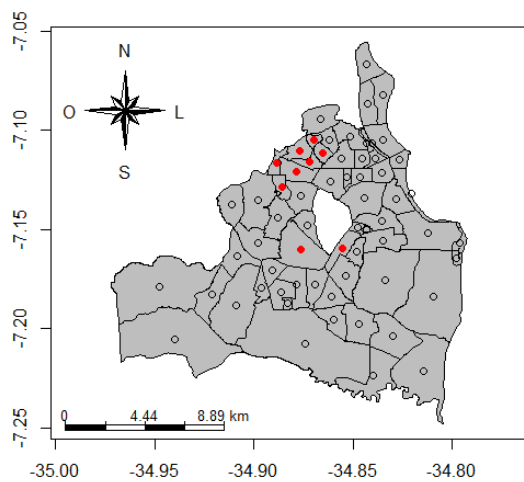
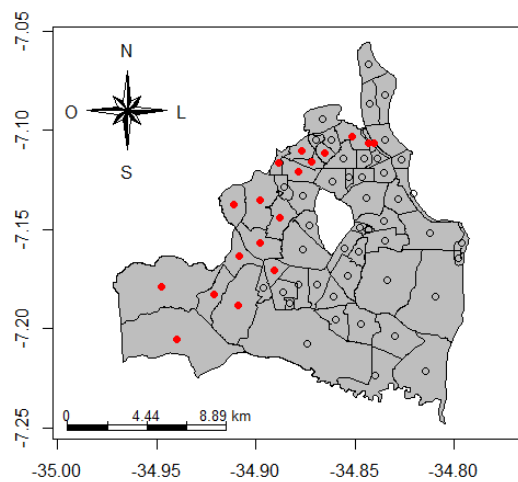


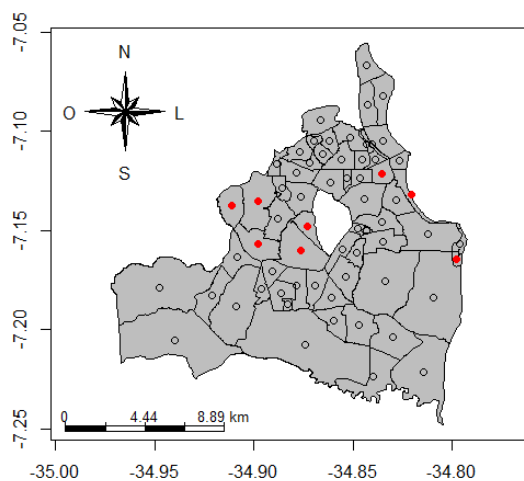
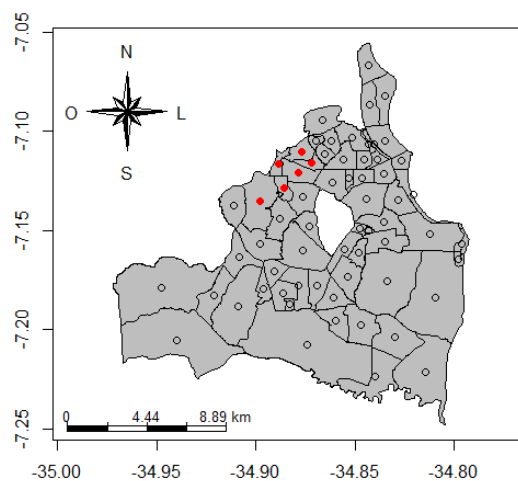
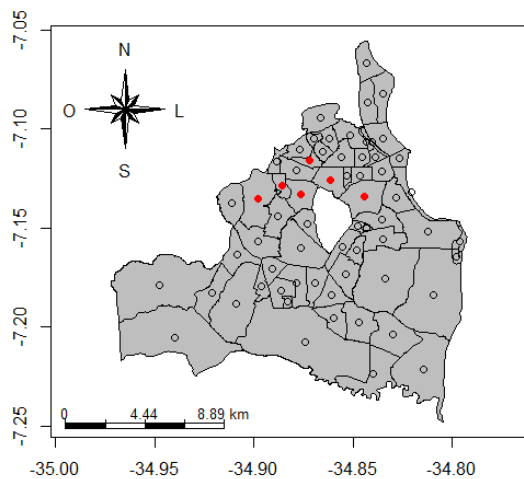
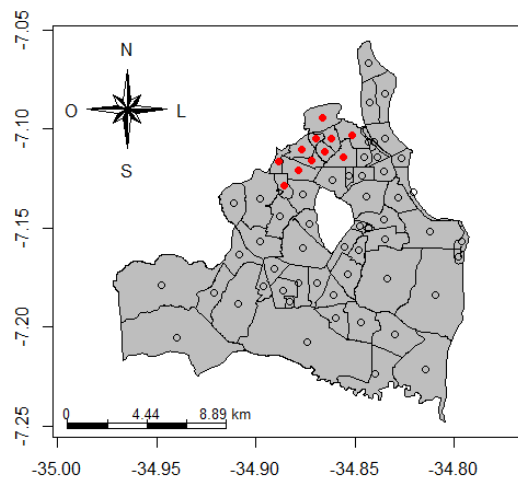
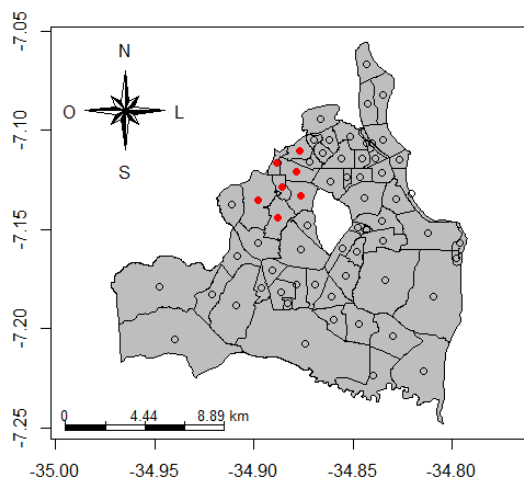
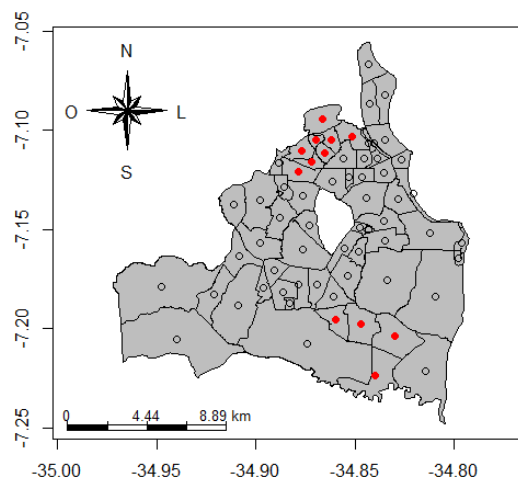
Dezembro de 2008**Janeiro de 2009****Fevereiro de 2009****Março de 2009****Abril de 2009****Mai de 2009**

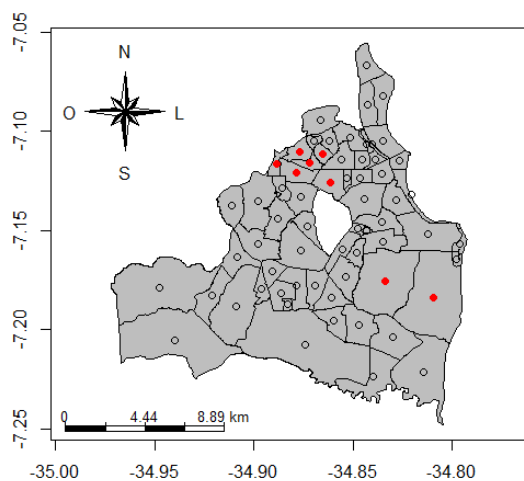
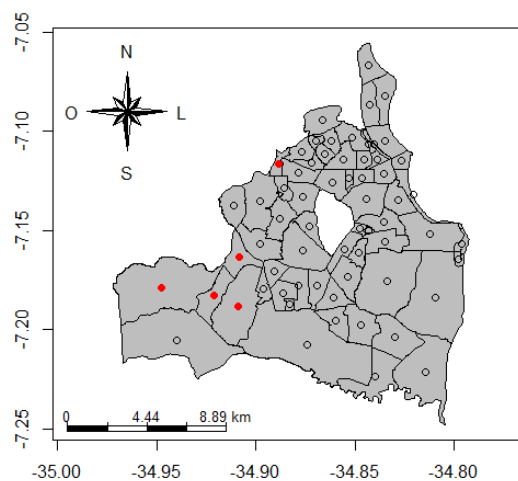
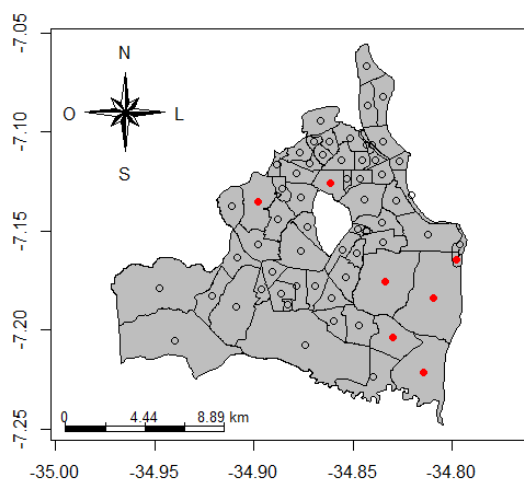
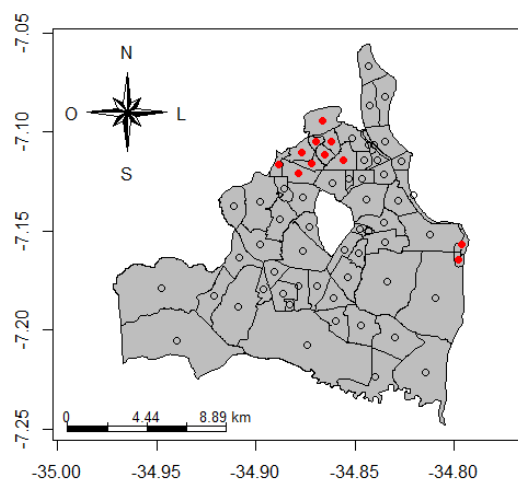
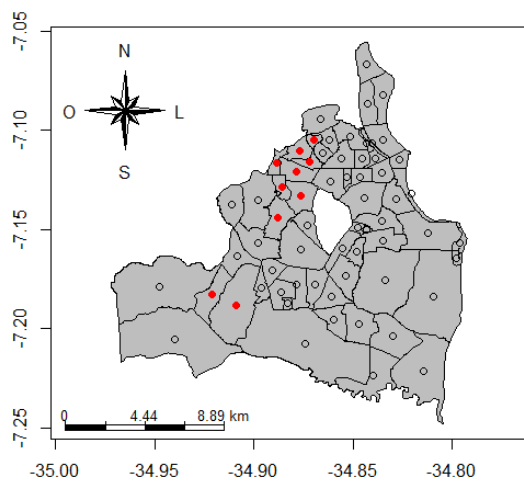
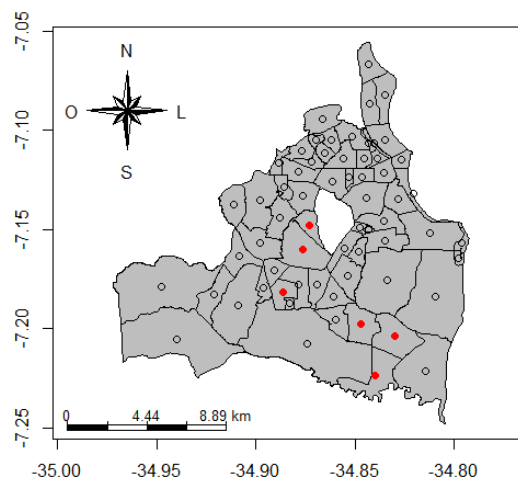


Dezembro de 2009**Janeiro de 2010****Fevereiro de 2010****Março de 2010****Abril de 2010****Mai de 2010**

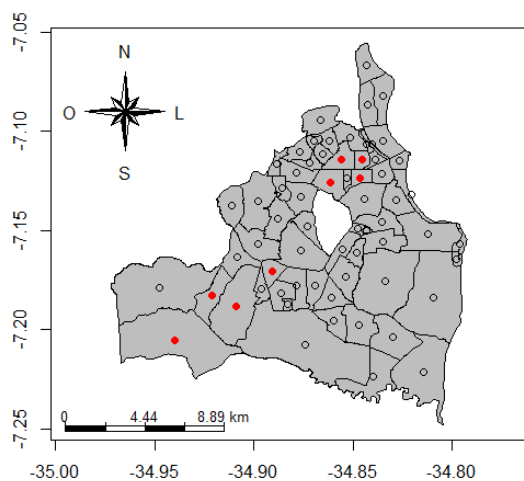
Junho de 2010**julho de 2010****Agosto de 2010****Setembro de 2010****Outubro de 2010****Novembro de 2010**

Dezembro de 2010**Janeiro de 2011****Fevereiro de 2011****Março de 2011****Abril de 2011****Mai de 2011**

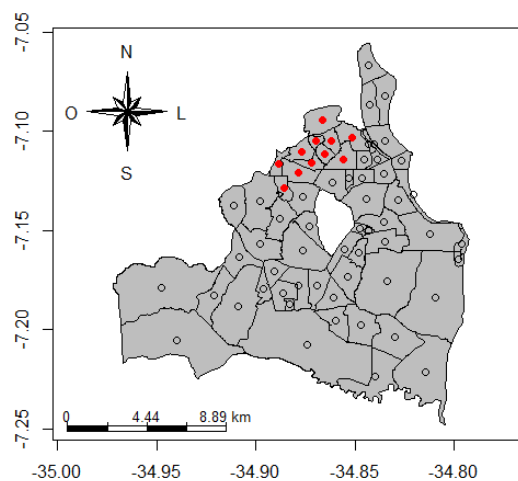
Junho de 2011**julho de 2011****Agosto de 2011****Setembro de 2011****Outubro de 2011****Novembro de 2011**

Dezembro de 2011**Janeiro de 2012****Fevereiro de 2012****Março de 2012****Abril de 2012****Mai de 2012**

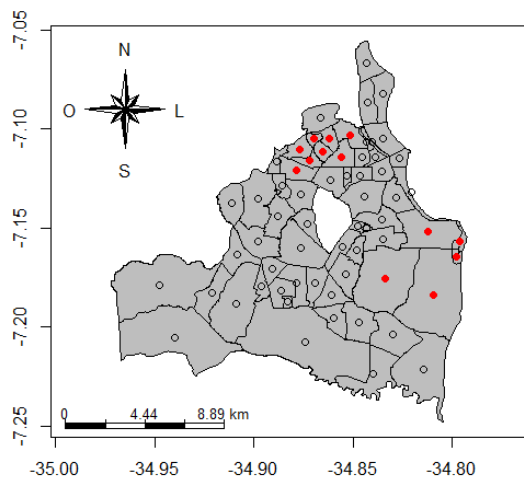
Junho de 2012



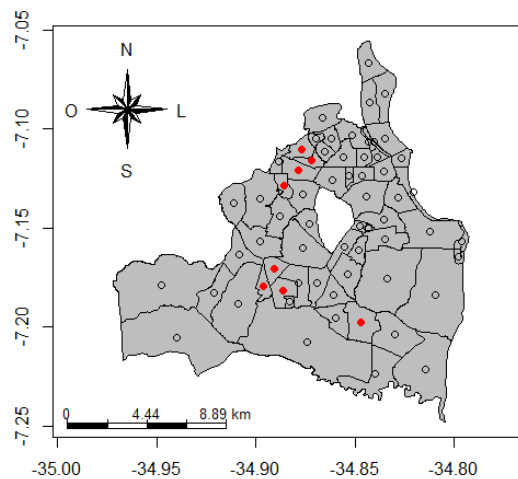
julho de 2012



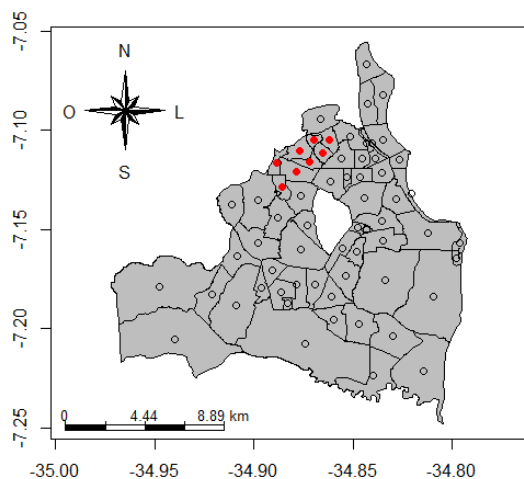
Agosto de 2012



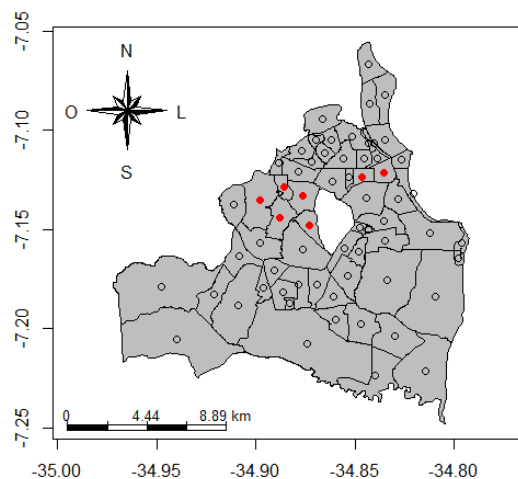
Setembro de 2012

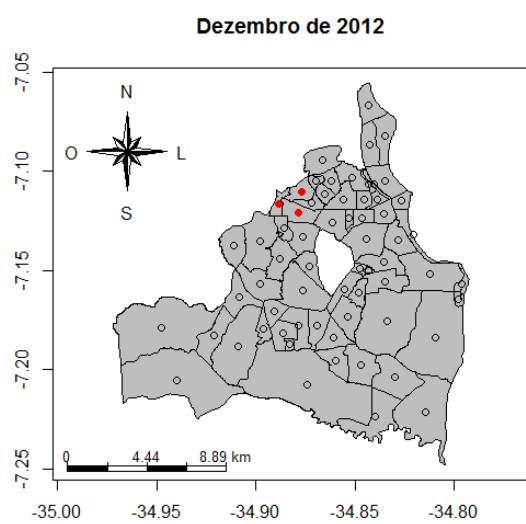


Outubro de 2012



Novembro de 2012





9.4 Regras *Fuzzy*

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

265. If (Risco is RiscoMuitoBaixo) and (ScanEspacial is SemSCAN) and (ScanEspacoTemporal is ComSCAN) and (ScanEspacoTemporalTempo is Recente) and (ScanEspacoTemporalPersistencia is Persistencia24Meses) and (Correlacao is CorFrac) then (Bairro is NaoPrioritario)

266. If (Risco is RiscoMuitoBaixo) and (ScanEspacial is ComSCAN) and (ScanEspacoTemporal is ComSCAN) and (ScanEspacoTemporalTempo is Recente) and (ScanEspacoTemporalPersistencia is Persistencia36Meses) and (Correlacao is CorAltaNegativa) then (Bairro is TendenciaNaoPrioritario)