

Pós-Graduação em Geografia Física

FLG 5153

Princípios de Cartografia e Análise Espacial aplicados à Geografia da Saúde

Análise espacial de dados epidemiológicos

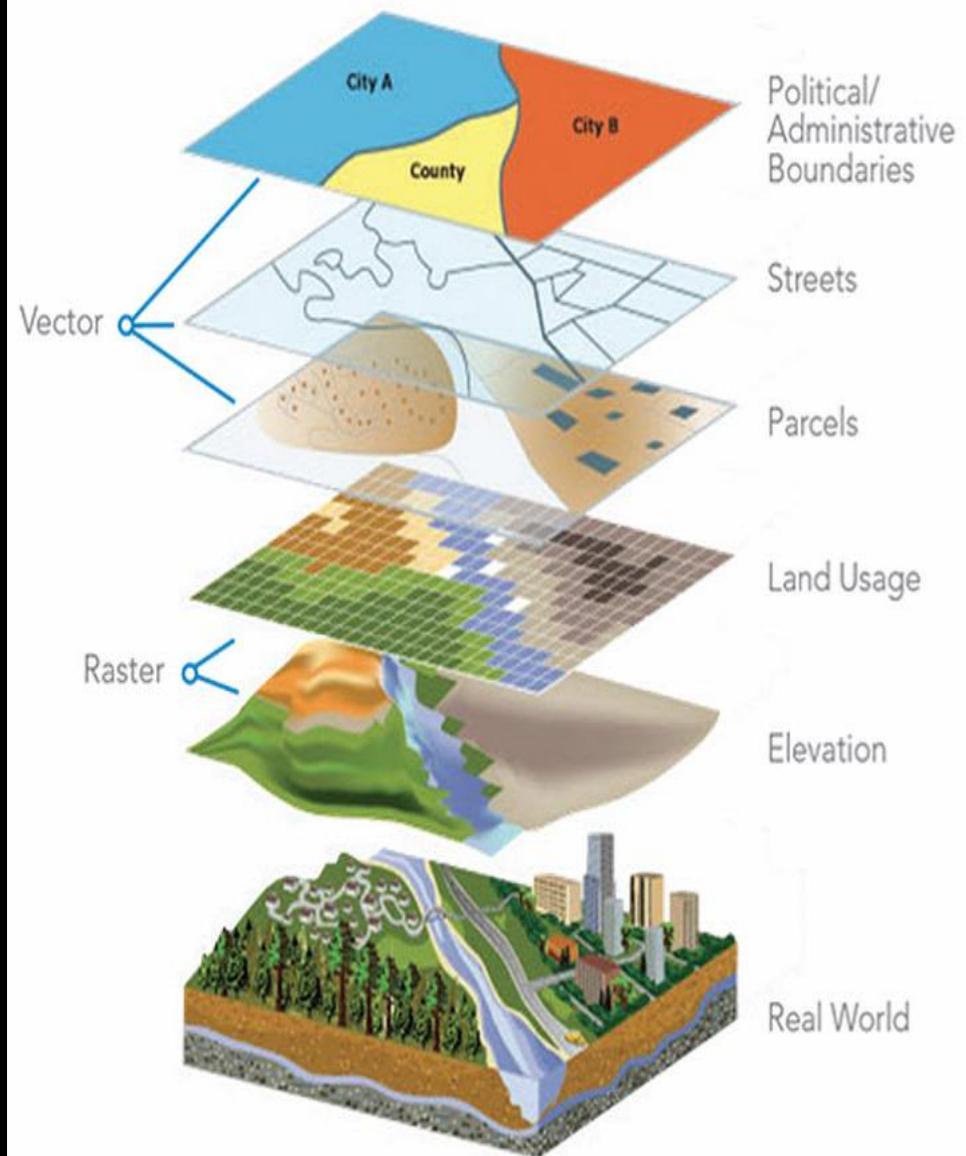
Ligia Barrozo

Dept^o. de Geografia

FFLCH/USP

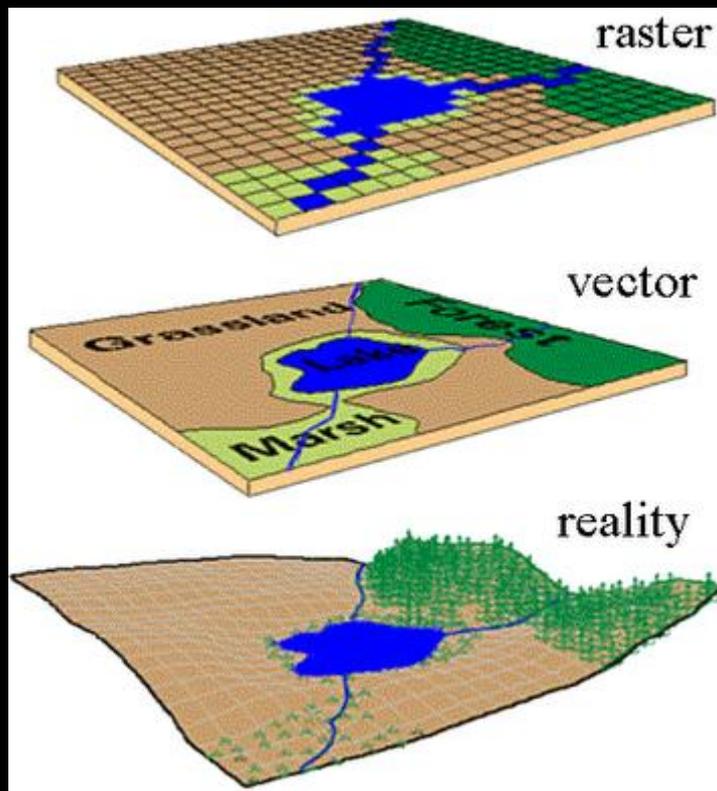






U
m
p
in
u





A distribuição da doença no espaço

O que há de **ESPECIAL** em dados **ESPACIAIS**?

- Localização, localização, localização
- **onde** faz a diferença
- Dependência é regra
- Escala espacial é importante

Primeira Lei da Geografia

*“everything is related to everything else,
but near things are more related than
distant things” (Tobler, 1979)*

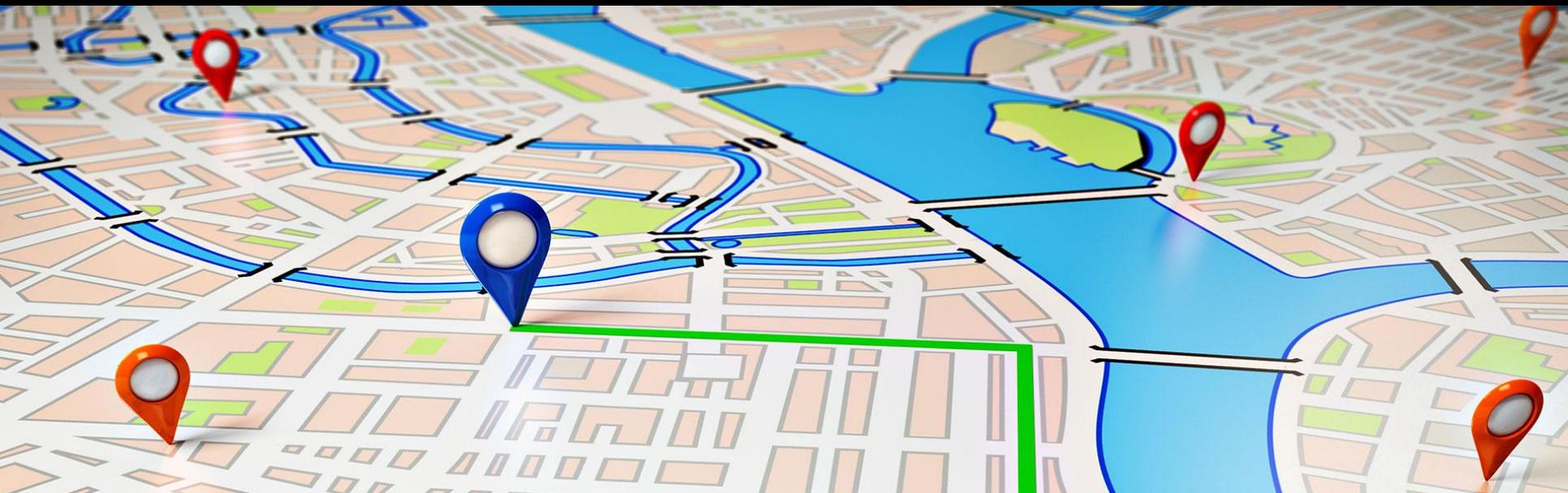
Proximidade = similaridade

Natureza do Dado Espacial

Georeferenciado

- dados de atributos com localização geográfica
- latitude-longitude, UTM (GPS)
- referência espacial: municípios, setores censitários, CEP, etc.





O que é análise espacial?

- estudo quantitativo de fenômenos que são localizados no espaço.
- “... quando os dados são espacialmente localizados e se considera explicitamente a possível importância de seu arranjo espacial na análise ou interpretação dos resultados” (Bailey & Gatrell, 1995).
- Diversas operações realizadas em um SIG são também chamadas análise espacial.

O que é e o que não é estatística espacial

- **TODO** dado possui referência temporal e espacial.
- Não basta que o dado seja “espacial”:
 - A regressão linear usual de taxas de mortalidade municipais de Minas contra a renda per capita municipal **NÃO** é parte de estatística espacial.
- Embora os municípios possuam localização espacial, isto não foi usado na análise acima.
- Estatística espacial é propriedade do método de análise, e não do dado utilizado na análise.

Quando usar?

- se existirem perguntas ou hipóteses sobre o mecanismo gerador dos dados que envolvam alguma característica espacial ou geográfica;
- quando o evento em estudo é gerado por fatores ambientais de difícil detecção a nível do indivíduo;
- quando o evento em estudo e os fatores relacionados têm distribuição espacialmente condicionada;
- no estudo de trajetórias entre localidades.

Dependência espacial

➤ *“Independência é um pressuposto muito conveniente que faz grande parte da teoria estatística matemática tratável. Entretanto, modelos que envolvem dependência estatística são frequentemente mais realísticos.” (Cressie, 1991)*

Técnicas de Análise Espacial para eventos de Saúde - Pontos

Spatial Analytic Techniques

Centro médio/distância padrão

Elipse por desvio-padrão

Análise de gradiente

Análise de vizinho mais próximo

Teste da taxa variância/média

Análise quadrática

Agrupamento espacial

Agrupamento espaço-temporal

Técnicas de Análise Espacial para eventos de Saúde - Linhas

Spatial Analytic Techniques

Caminho aleatório

Vetores

Teoria gráfica (nodalidade, conectividade, dispersão, hierarquia nodal, análise de fluxo)

Técnicas de Análise Espacial para eventos de Saúde - Áreas

Spatial Analytic Techniques

Quocientes locacionais

Razões padronizadas de mortalidade

Probabilidade de Poisson

Agrupamento espacial

Agrupamento espaço-temporal

Medidas de autocorrelação

Agrupamento hierárquico

Técnicas de Análise Espacial para eventos de Saúde - Superfícies

Spatial Analytic Techniques

Isolinhas

**Análise de superfície de tendência
(polinômios de séries de potência,
séries de Fourier)**

Técnicas de Análise Espacial para eventos de Saúde - Comparação entre mapas

Spatial Analytic Techniques

Curvas de Lorenz

Coeficiente de correspondência de área

Coeficiente de correlação

Diferença entre mapas

Aplicações - uma revisão recente

➤ Mapeamento de doenças

descrição do processo espacial de distribuição das doenças, visando vigilância, predição de epidemias, etc.

➤ Estudos ecológicos

estudar a relação entre incidência de doenças e potenciais fatores etiológicos, seja no campo da análise exploratória visando definir hipóteses (formulação clássica), ou apontar medidas preventivas.

Aplicações - uma revisão recente

➤ Análise de Cluster espacial

identificação de focos de doença ou avaliação de aumento de risco ao redor de fonte suspeita de risco ambiental.

➤ Avaliação e monitoramento ambiental

estimativa e monitoramento da distribuição espacial de fatores ambientais relevantes para a saúde.

Análise espacial em estudos ecológicos

- Essencialmente modelos de regressão, onde se busca explicar a variação na incidência da doença através de outras variáveis
- O modelo se complica pela necessidade de controlar simultaneamente o processo espacial
- Classicamente aplica-se a **dados agregados em áreas**
- Pode-se entretanto considerar também dados pontuais

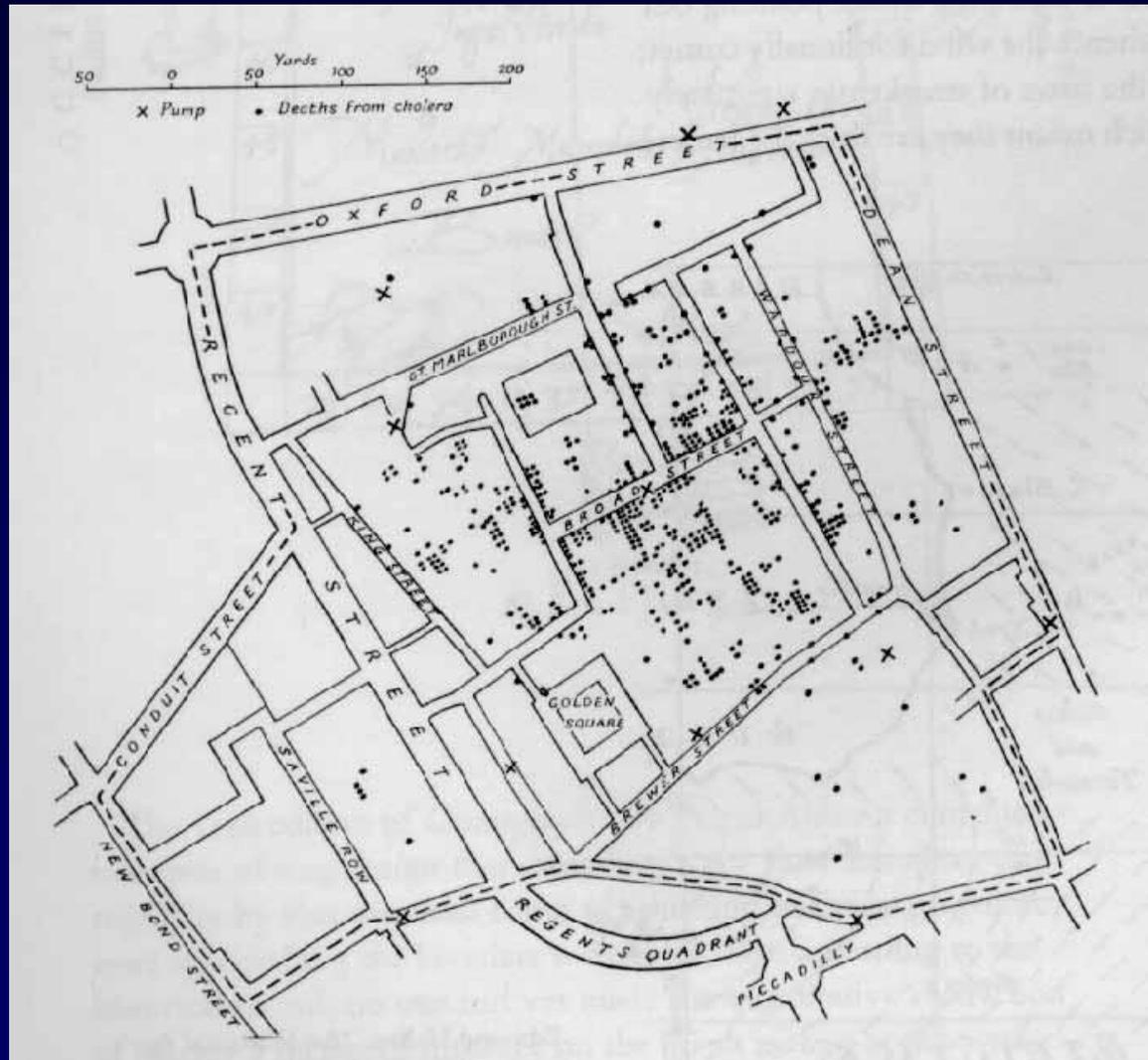
Análise de Pontos

➤ como **eventos**

crimes (endereços), acidentes (localização)

- análise de padrão de pontos: Estimador de Intensidade (“Kernel Estimation”); Vizinho mais Próximo; Função K

Endereços plotados no mapa como pontos



Análise de Pontos

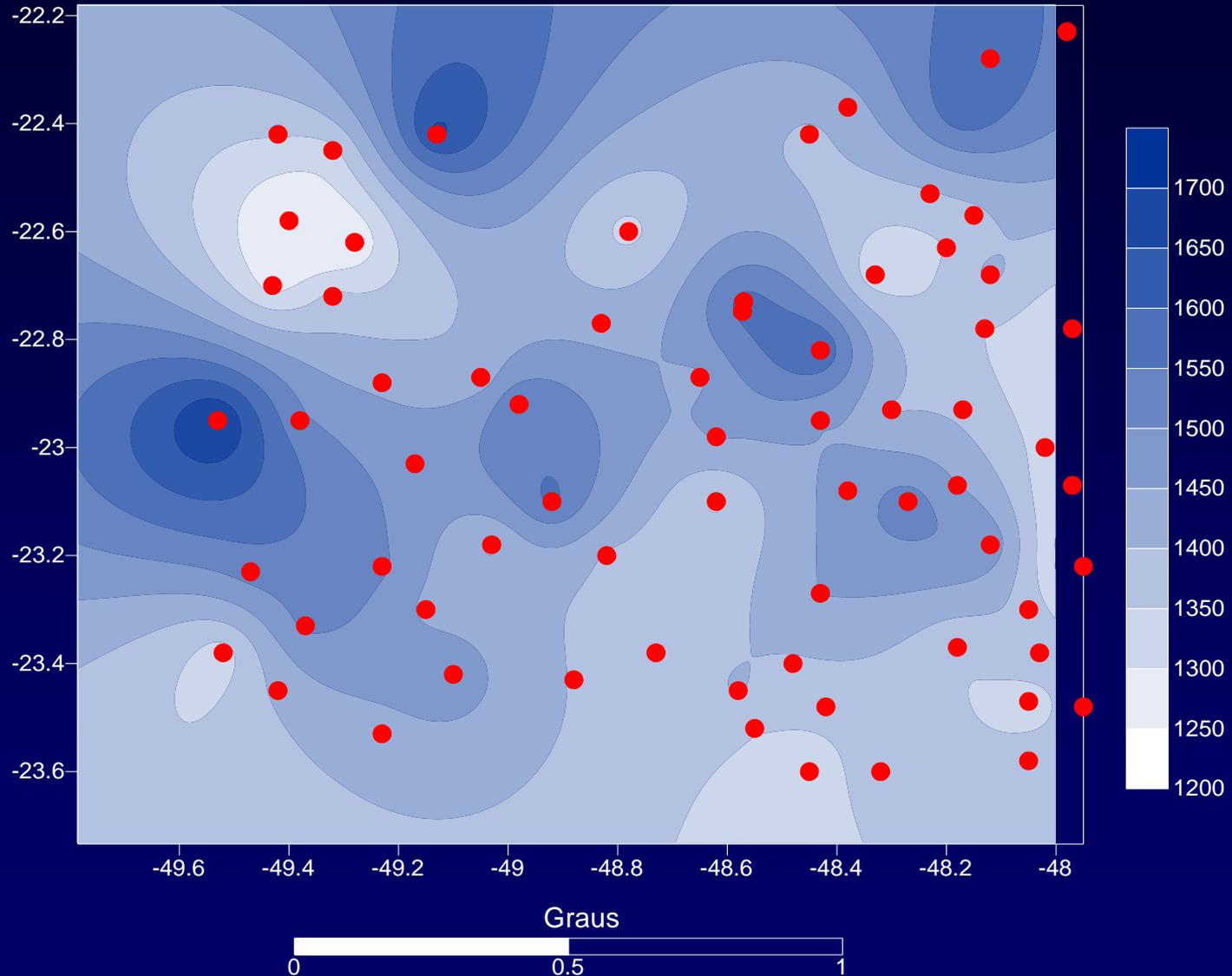
➤ como **amostras da superfície**

estações climatológicas, de monitoramento da qualidade do ar, de nível de ruído

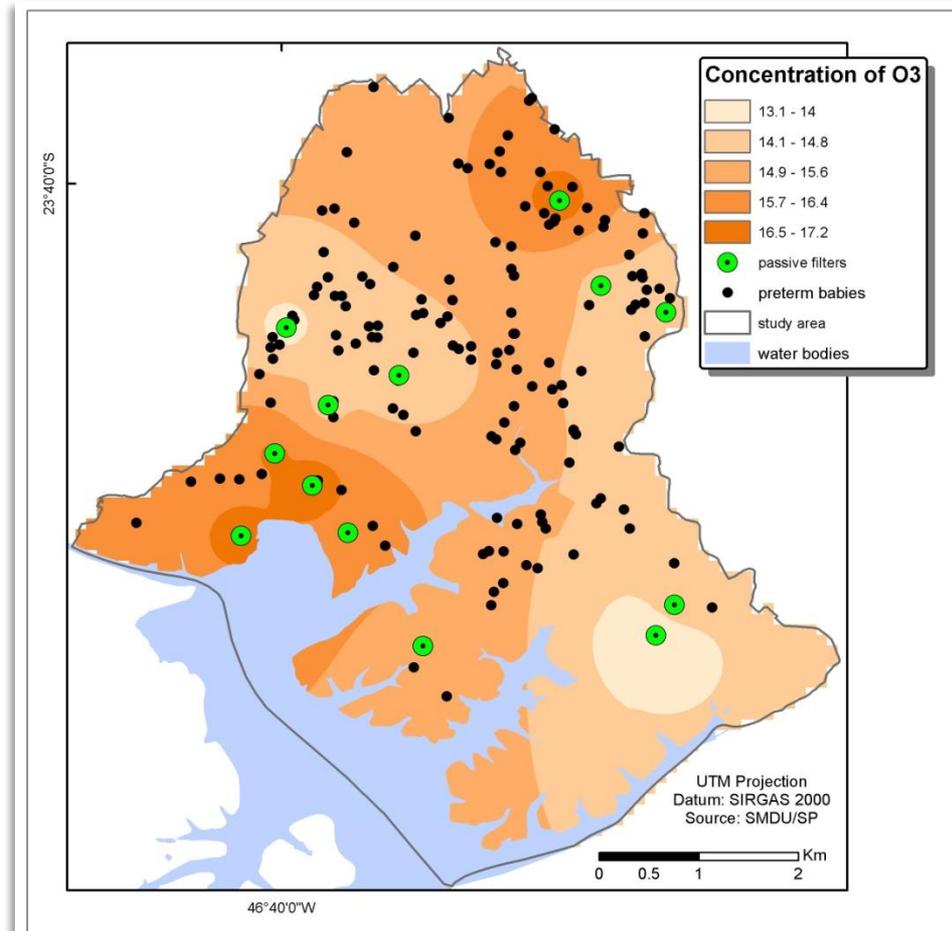
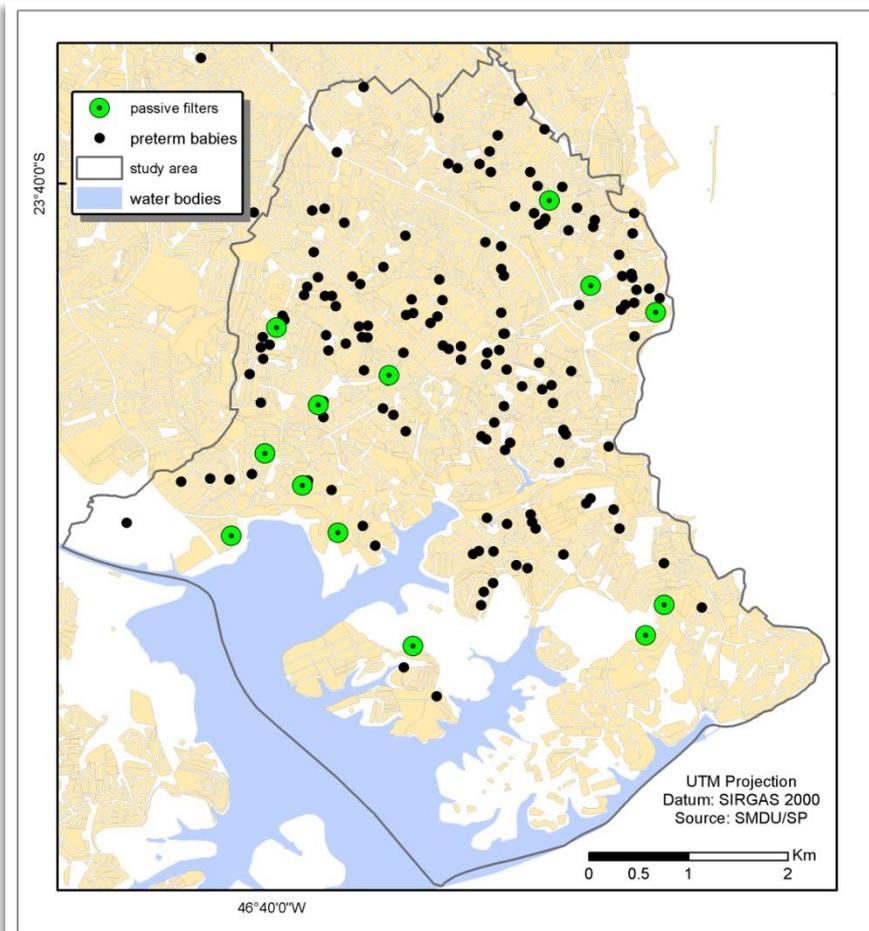
- geoestatística

Análise Geostatística

Precipitação média (1960-1999)



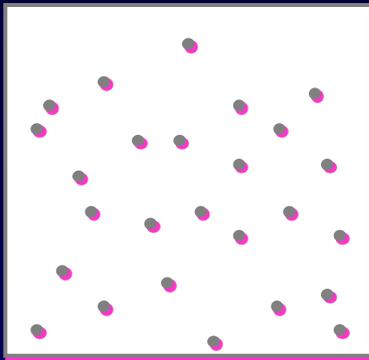
Preterm deliveries and Ozone in São Paulo (interpolation techniques)



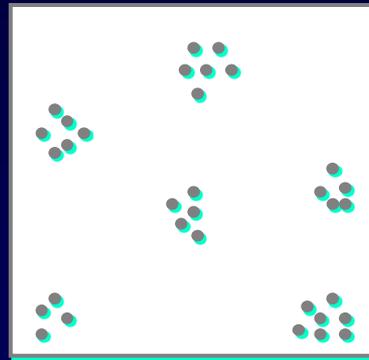
Pontos

Distribuição de Pontos - *Arranjos Espaciais*

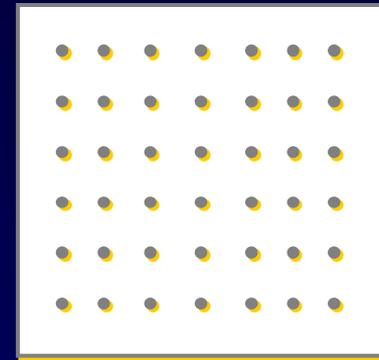
- Identificar padrão sistemático



Aleatório



Agrupado

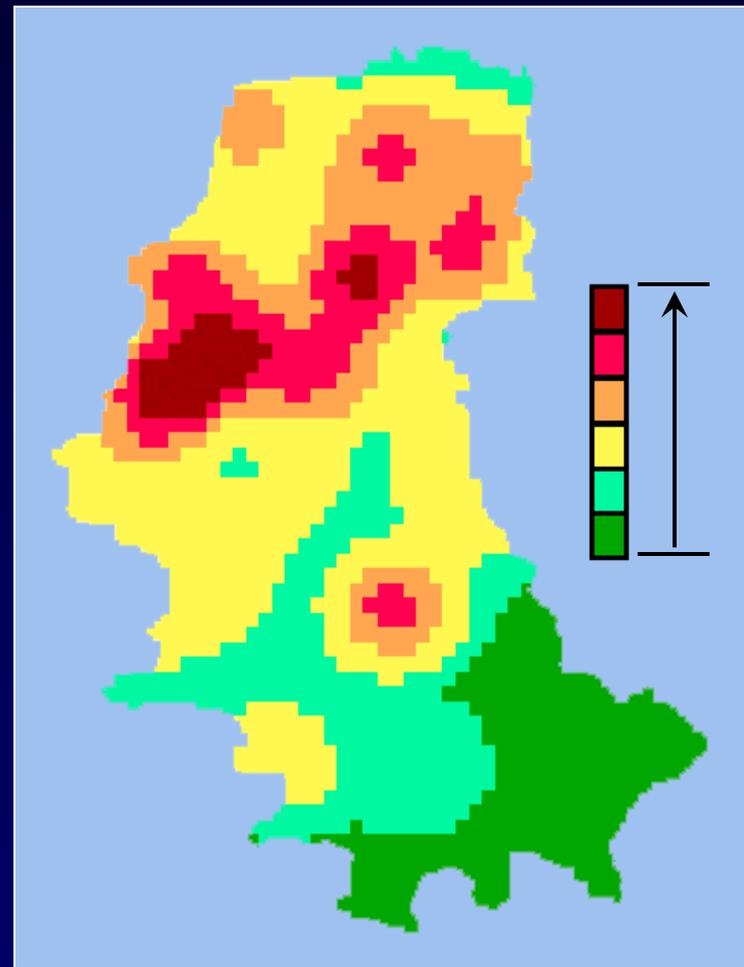
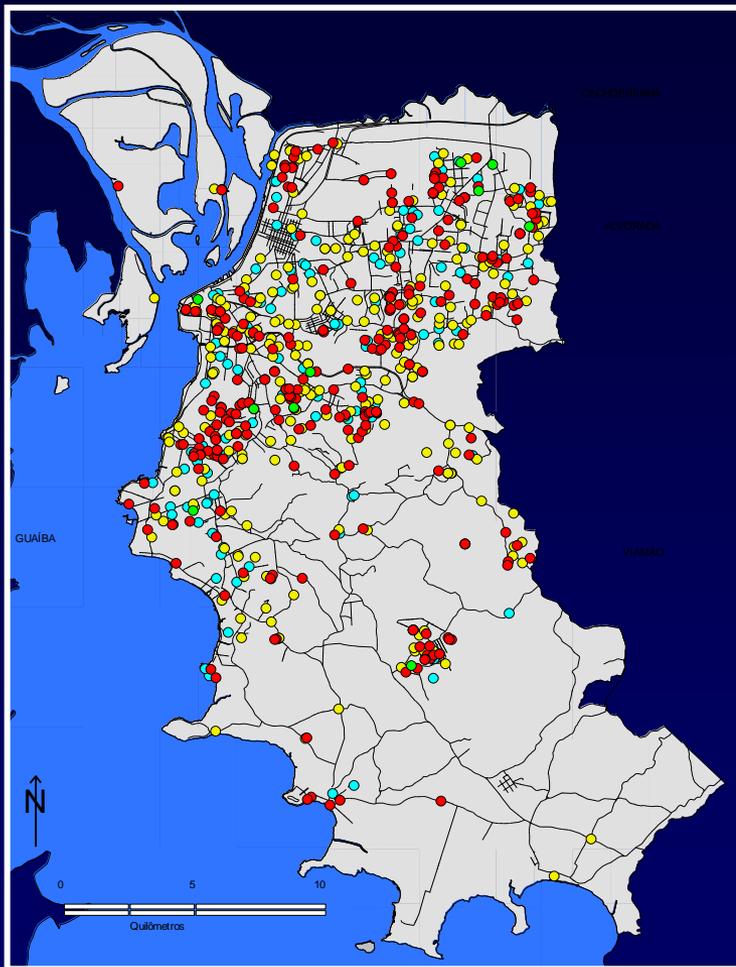


Regular

- Ocorrência de clusters ou clusterização

Kernel Estimation

Mapeando a violência - localização pontual

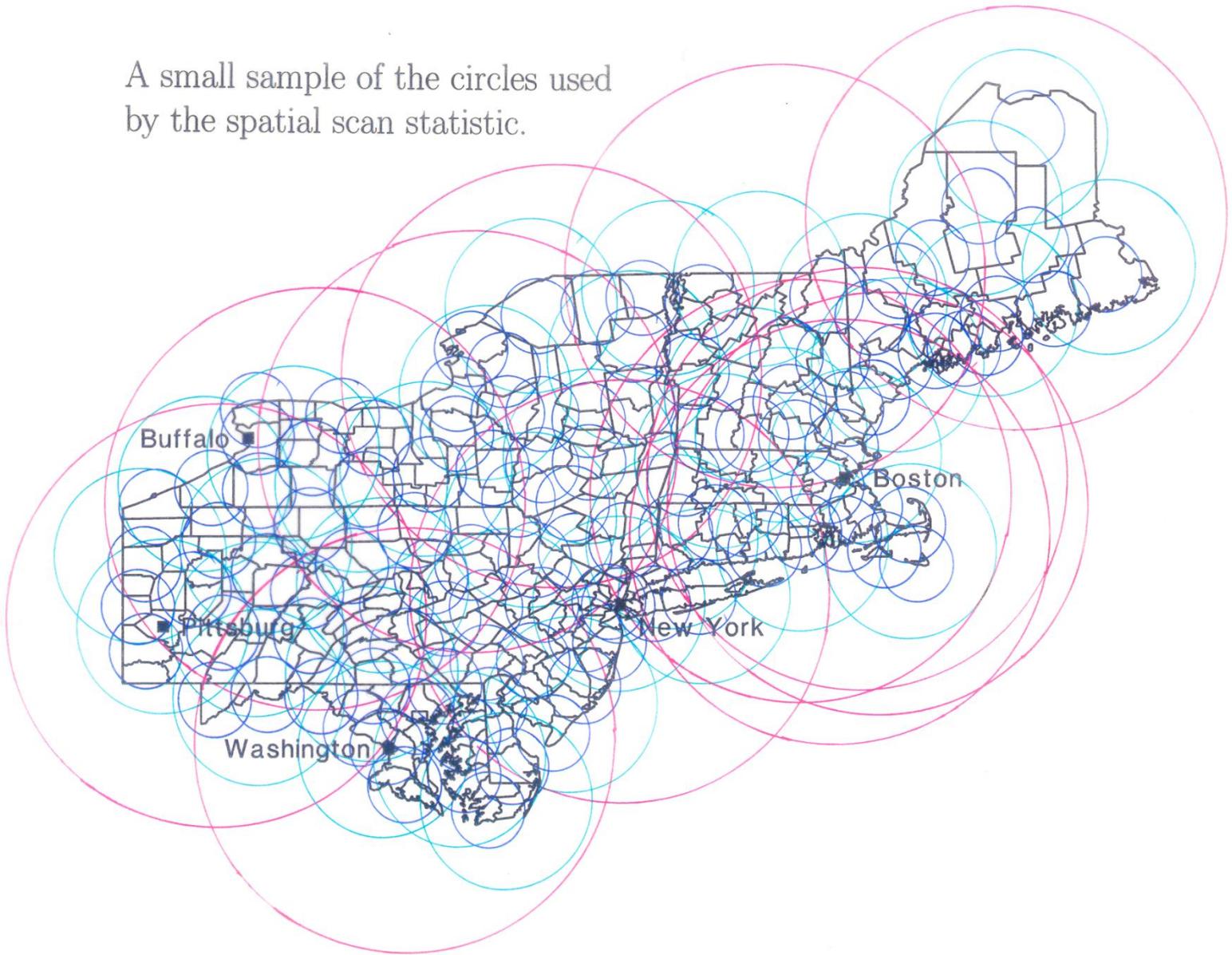


Legenda: ● Homicídios / ● Acidentes de transporte / ● Suicídios

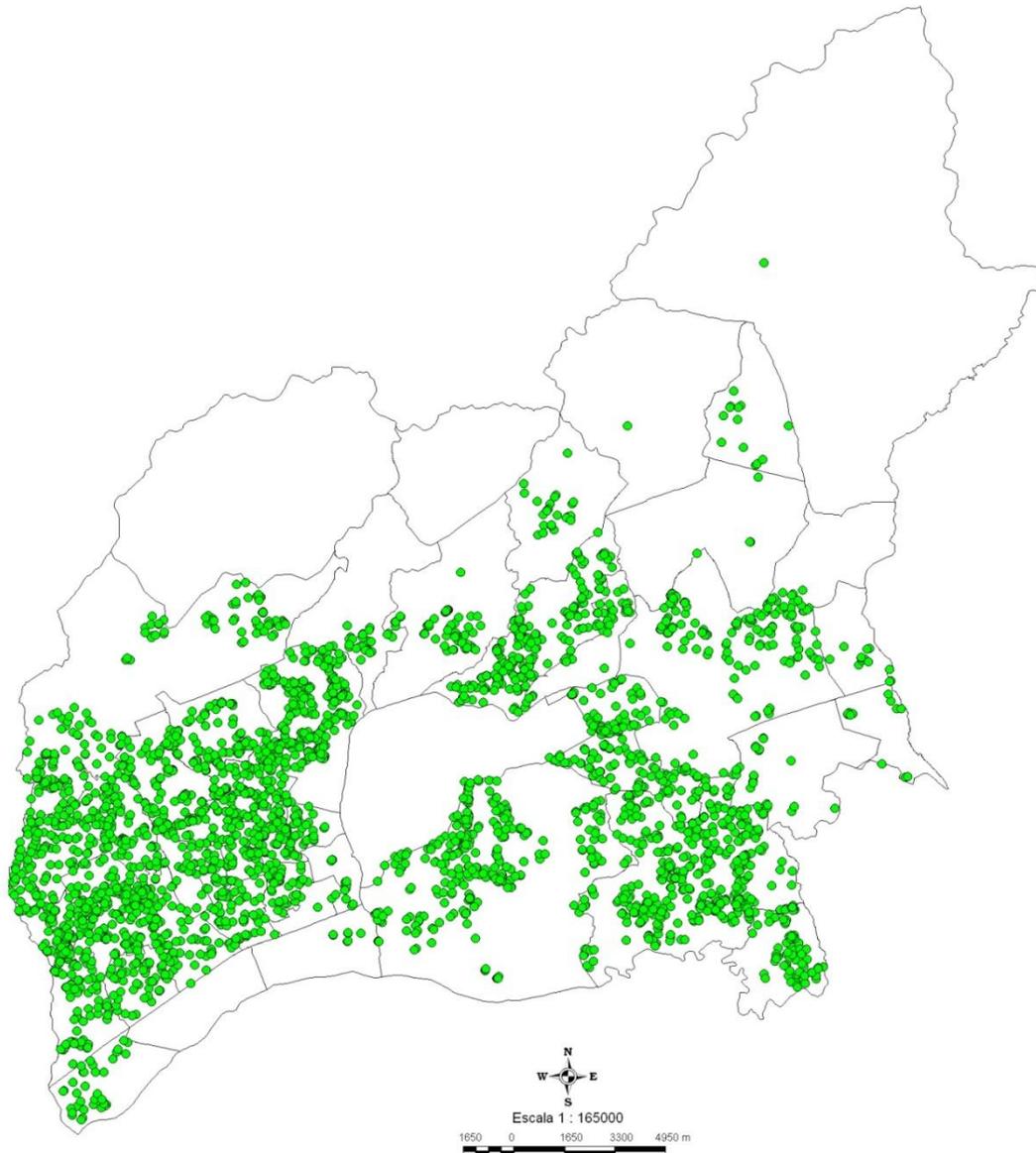
Agrupamentos (“*clusters*”)

- podem ser causados por diferentes fatores
 - agentes infecciosos, contaminação ambiental localizada, efeitos colaterais de tratamentos, etc.
- pontos ou áreas
- controle de fatores (distribuição populacional e outras co-variáveis que podem criar agregados)

A small sample of the circles used
by the spatial scan statistic.

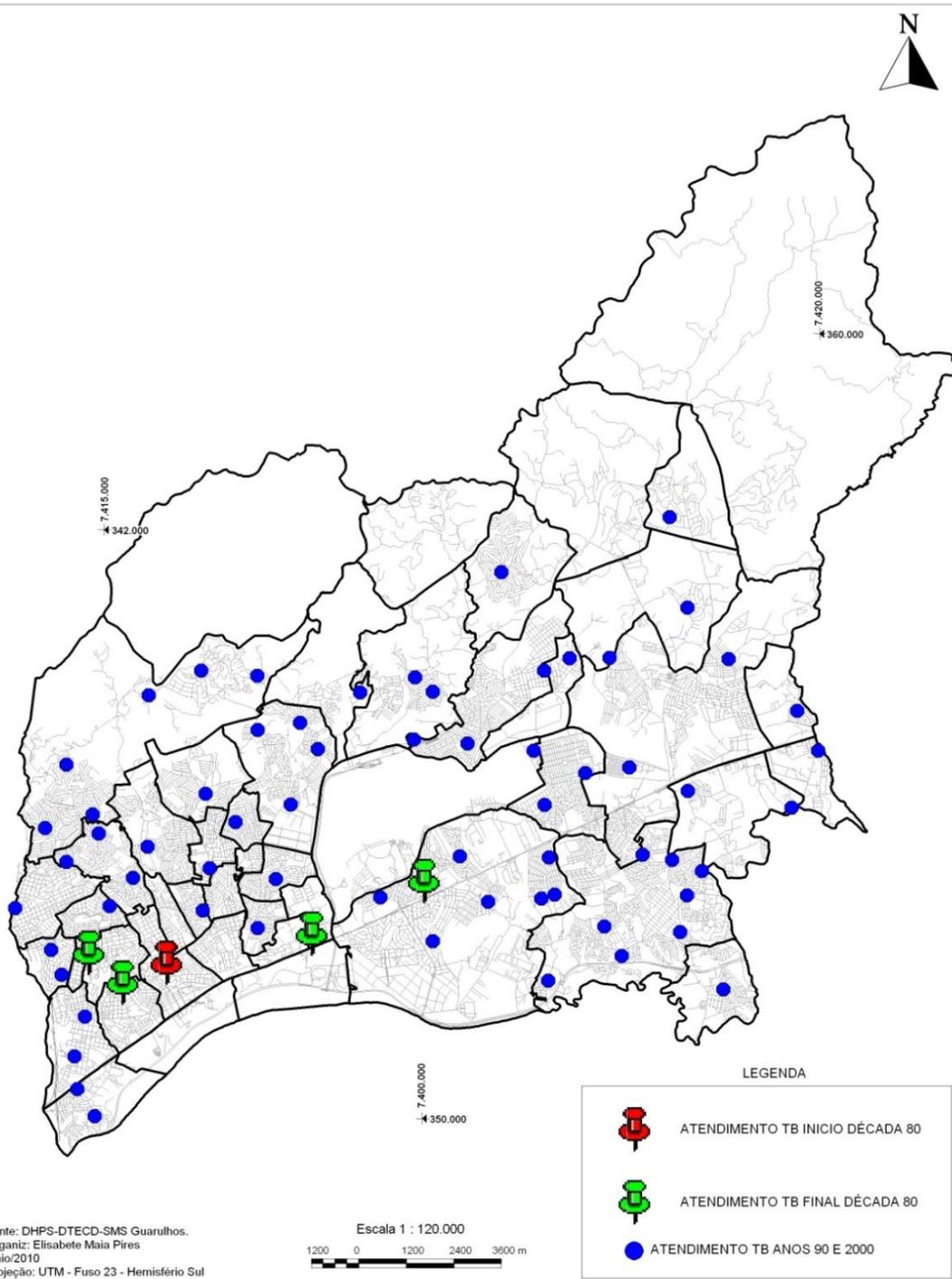


Casos novos de tuberculose em Guarulhos, de 1998 a 2006



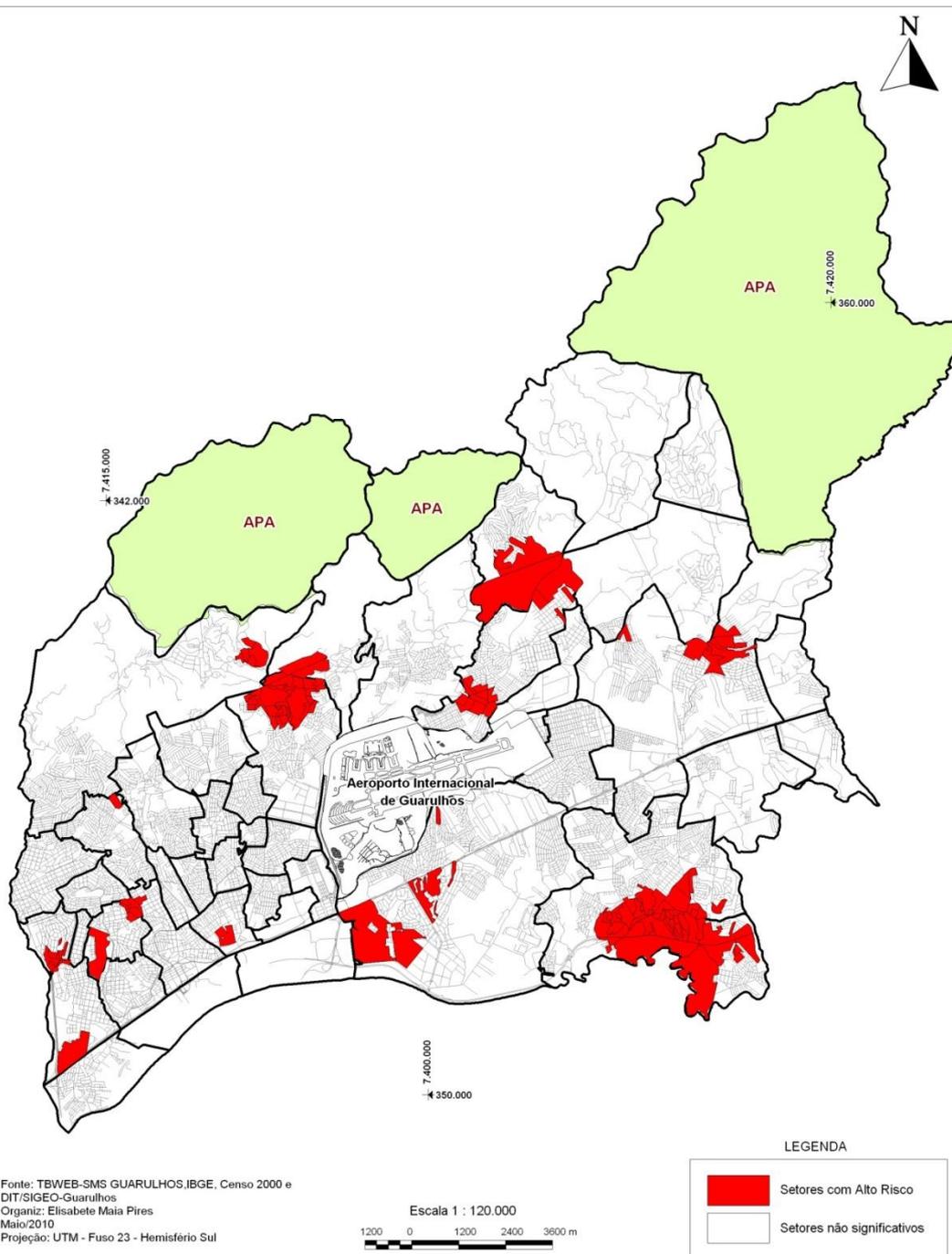
Pires, E.S.M.R. **Análise das relações entre espaço geográfico e perfil epidemiológico de saúde urbana no município de Guarulhos, SP, por meio de geoprocessamento.** [Dissertação de Mestrado], em andamento.³³

Evolução da distribuição dos serviços de tratamento de tuberculose em Guarulhos



Pires, E.S.M.R. **Análise das relações entre espaço geográfico e perfil epidemiológico de saúde urbana no município de Guarulhos, SP, por meio de geoprocessamento.** [Dissertação de Mestrado], em andamento.

Agupamento espaciais ocorridos de 1998 a 2009, por setor censitário



Pires, E.S.M.R. **Análise das relações entre espaço geográfico e perfil epidemiológico de saúde urbana no município de Guarulhos, SP, por meio de geoprocessamento.** [Dissertação de Mestrado], em andamento.

Exemplo de aplicação da estatística de varredura na área ambiental

BALIEIRO, A.A.S. *Detecção de conglomerados dos alertas de desmatamentos no estado do Amazonas usando estatística de varredura espaço-temporal*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, 2008. 87p.

Objetivo geral do trabalho:

-Testar a existência de conglomerados espaço-temporais de alerta de desmatamento em alguns municípios da região sul do Amazonas que deveriam ser priorizados para controle

Resultados

- identificar conglomerados ativos e históricos**
- Foi possível constatar que a proximidade das estradas foi a covariável que mais explicou os conglomerados**

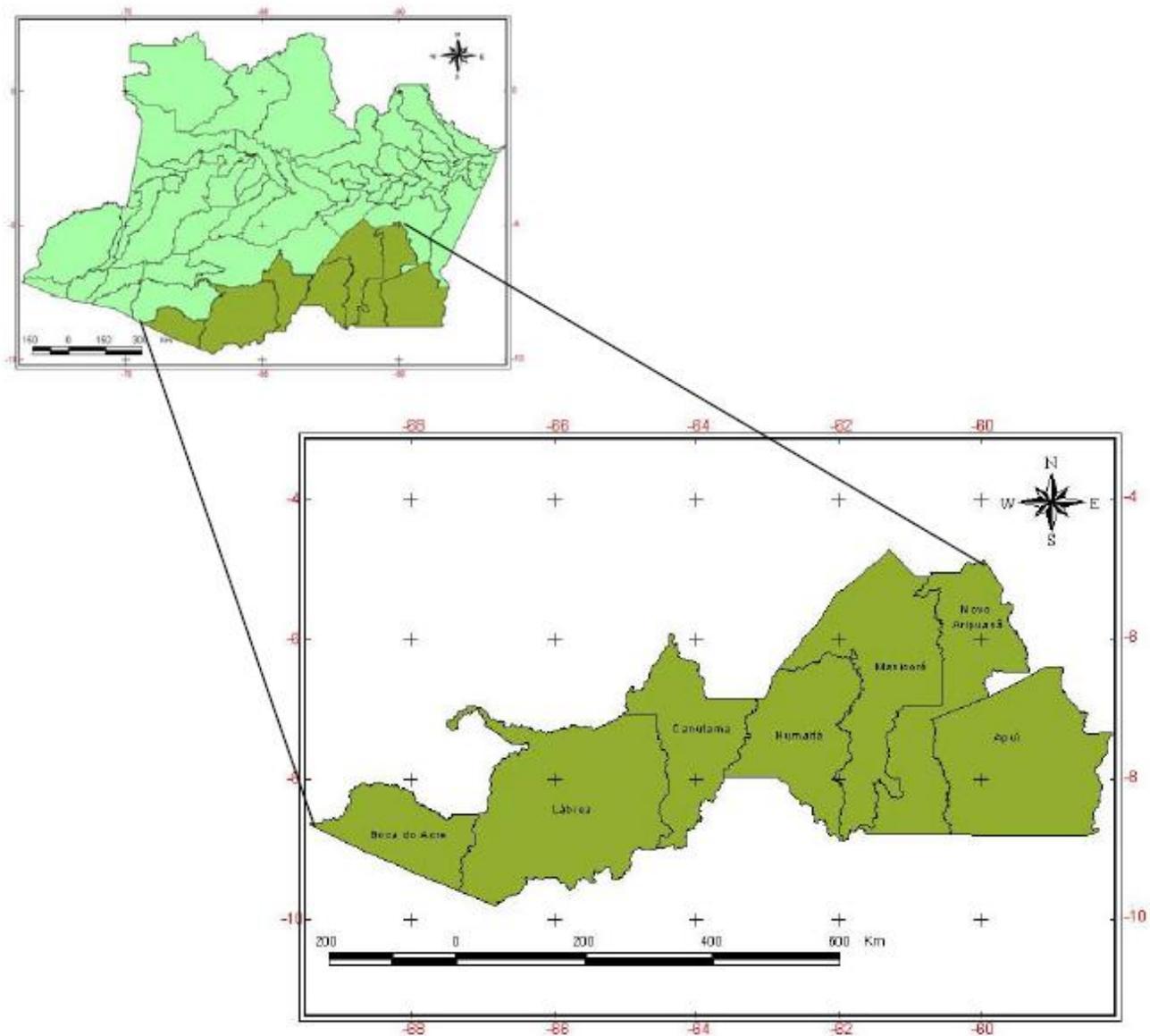


Figura 3: Localização no estado do Amazonas dos municípios de Boca do, Lábrea, Canutama, Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã e Apuí.

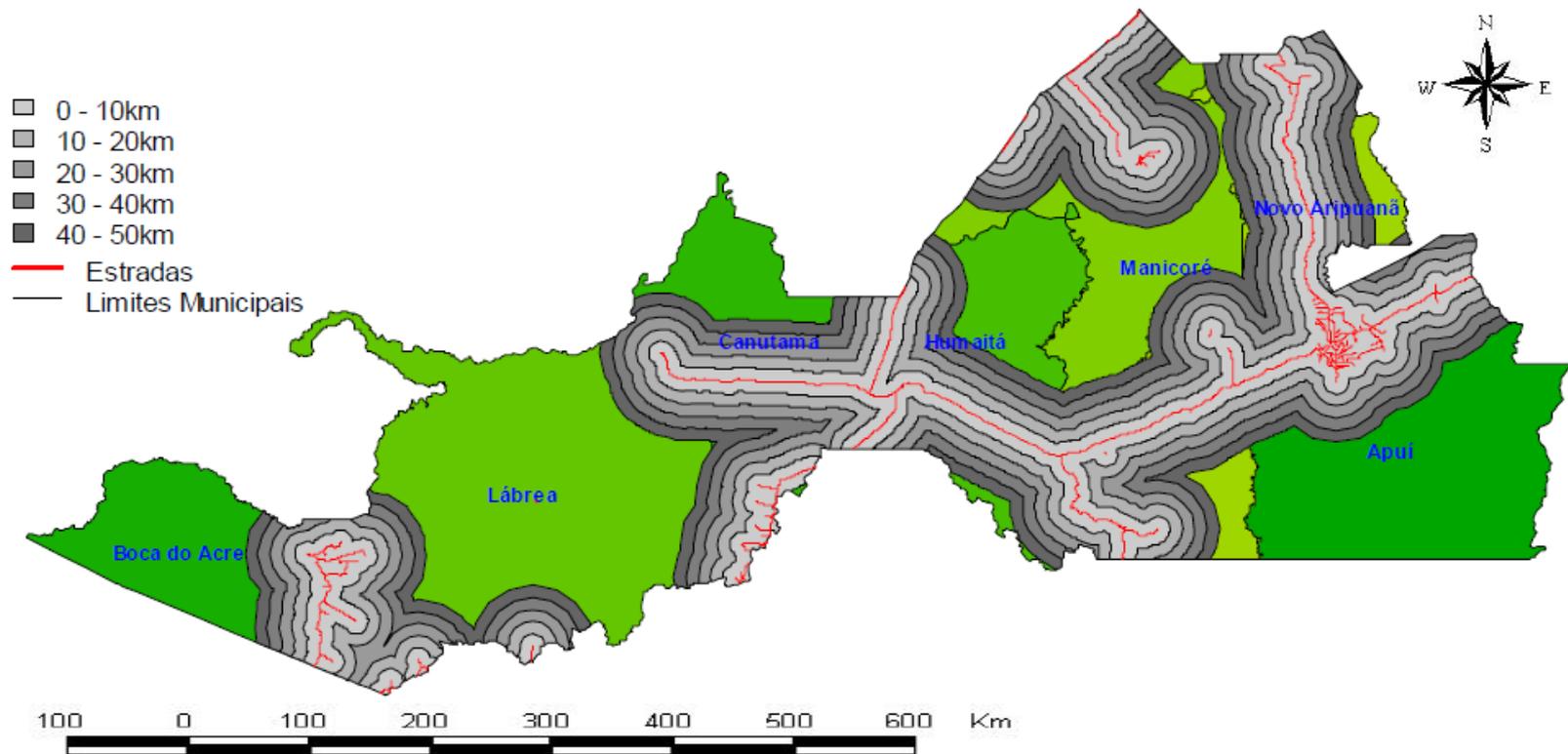


Figura 4: Mapa de alguns municípios da região sul do Amazonas, contendo as máscaras (*buffer*s) para as distâncias das estradas.

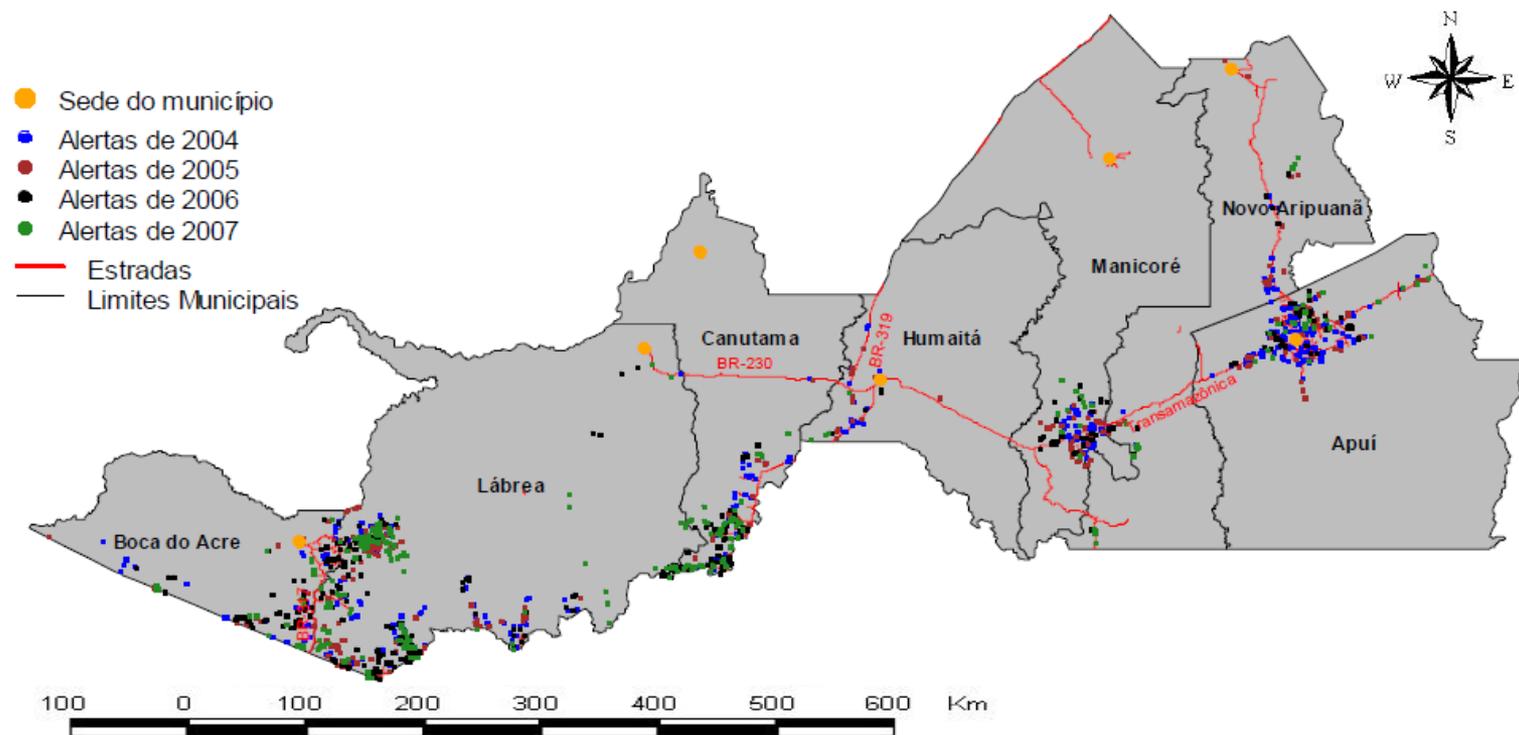
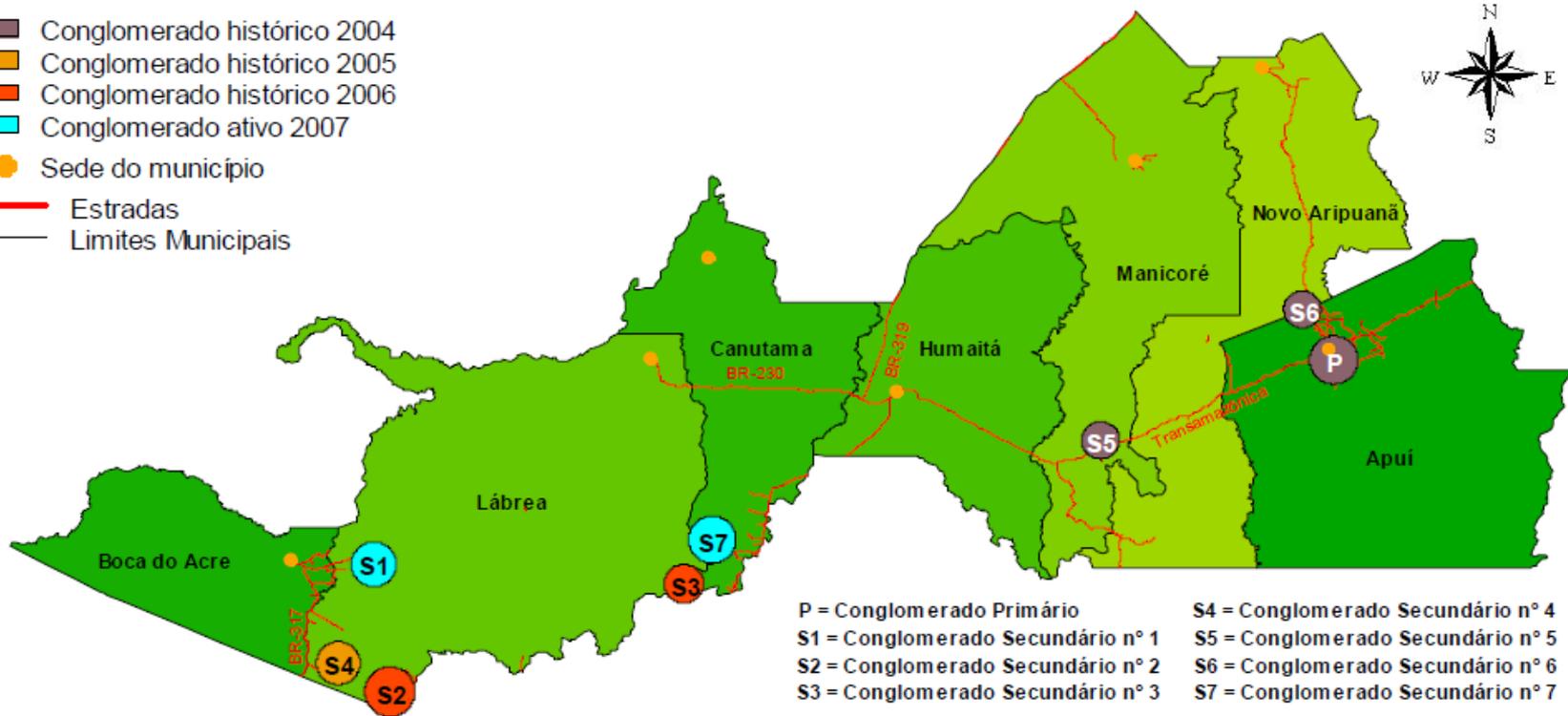


Figura 9: Mapa de alguns municípios da região sul do Amazonas contendo os alertas de desmatamento no período de 2004 a 2007.

- Conglomerado histórico 2004
- Conglomerado histórico 2005
- Conglomerado histórico 2006
- Conglomerado ativo 2007
- Sede do município
- Estradas
- Limites Municipais



- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| P = Conglomerado Primário | S4 = Conglomerado Secundário nº 4 |
| S1 = Conglomerado Secundário nº 1 | S5 = Conglomerado Secundário nº 5 |
| S2 = Conglomerado Secundário nº 2 | S6 = Conglomerado Secundário nº 6 |
| S3 = Conglomerado Secundário nº 3 | S7 = Conglomerado Secundário nº 7 |



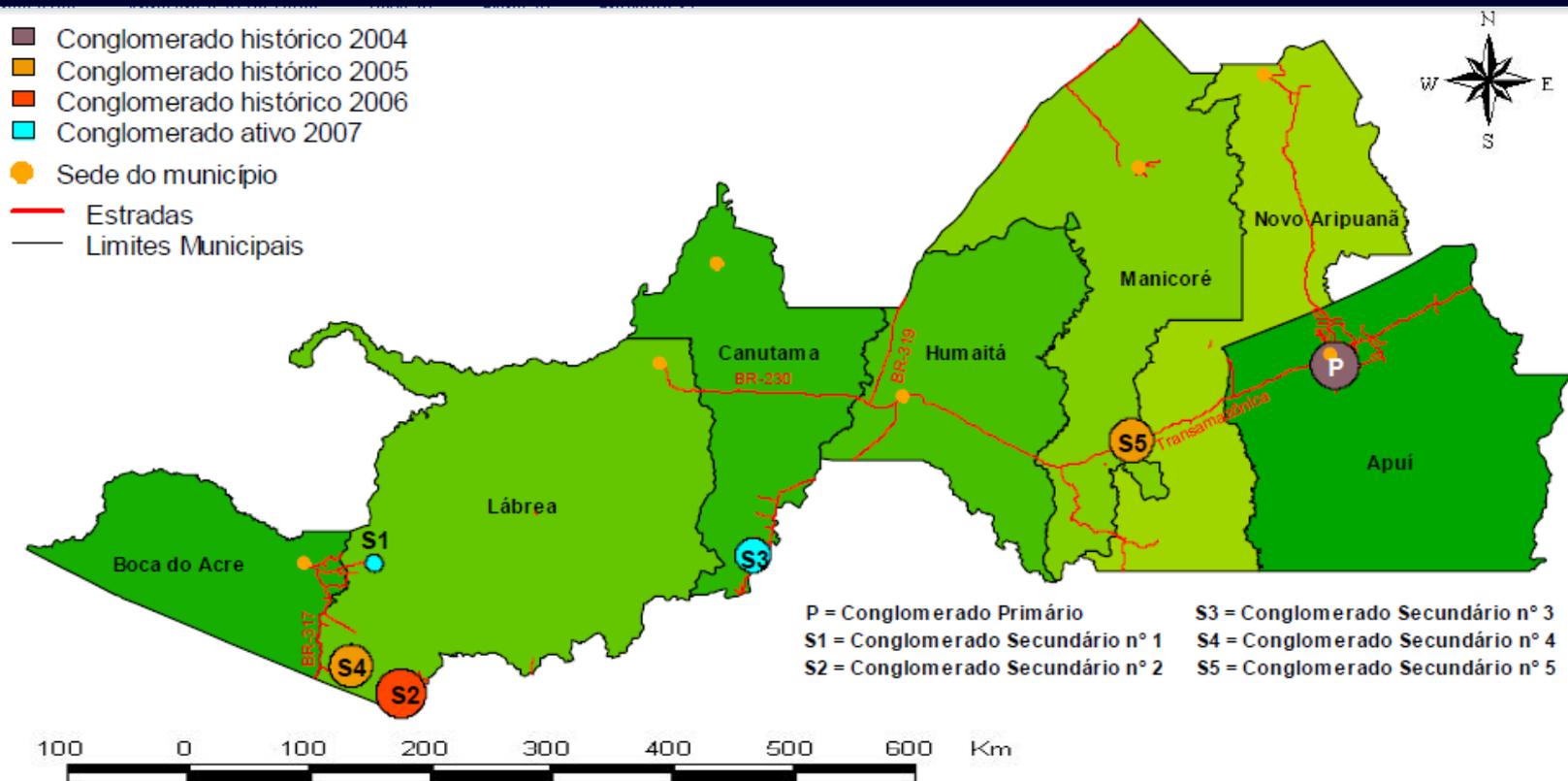


Figura 15: Mapa de alguns municípios da região sul do Amazonas, contendo os conglomerados detectados, a partir da inserção das covariáveis área desmatada, área protegida e distância de estradas, por ano, tamanho e hierarquia.

ÁREAS

Análise exploratória espacial

- desenvolvimento de hipóteses e modelos
- visualização e alguma manipulação dos dados
- gráficos dinâmicos - selecionar no mapa e analisar estatística, identificar *outliers* no mapa

Interpretação e Limitações

Métodos exploratórios **não explicam**

- sugerem padrões potencialmente interessantes
- sugerem hipóteses
- *Clusters e Outliers*
- são univariados
- podem mascarar associação multivariada, problemas de escala, ignorar heterogeneidade etc.

Análise exploratória espacial de dados (ESDA)

1. Estatística descritiva básica
2. Análise global de autocorrelação espacial: resultados de Moran
3. Análise local de autocorrelação espacial e análise estatística da significância de *clusters* regionais: resultados LISA

Estatística descritiva

1. Uso de gráficos, como *box-plot*, gráficos em 3-D, diagramas de dispersão, histogramas, gráfico condicional e gráficos de coordenadas paralelas
2. Método *linking and brushing*: seleção das unidades regionais é simultânea em todas as representações de dados (tabelas, gráficos e mapas)
3. Método *map movie*: uso de dinâmica na composição de mapas – efeito meramente visual

Padrões de autocorrelação espacial



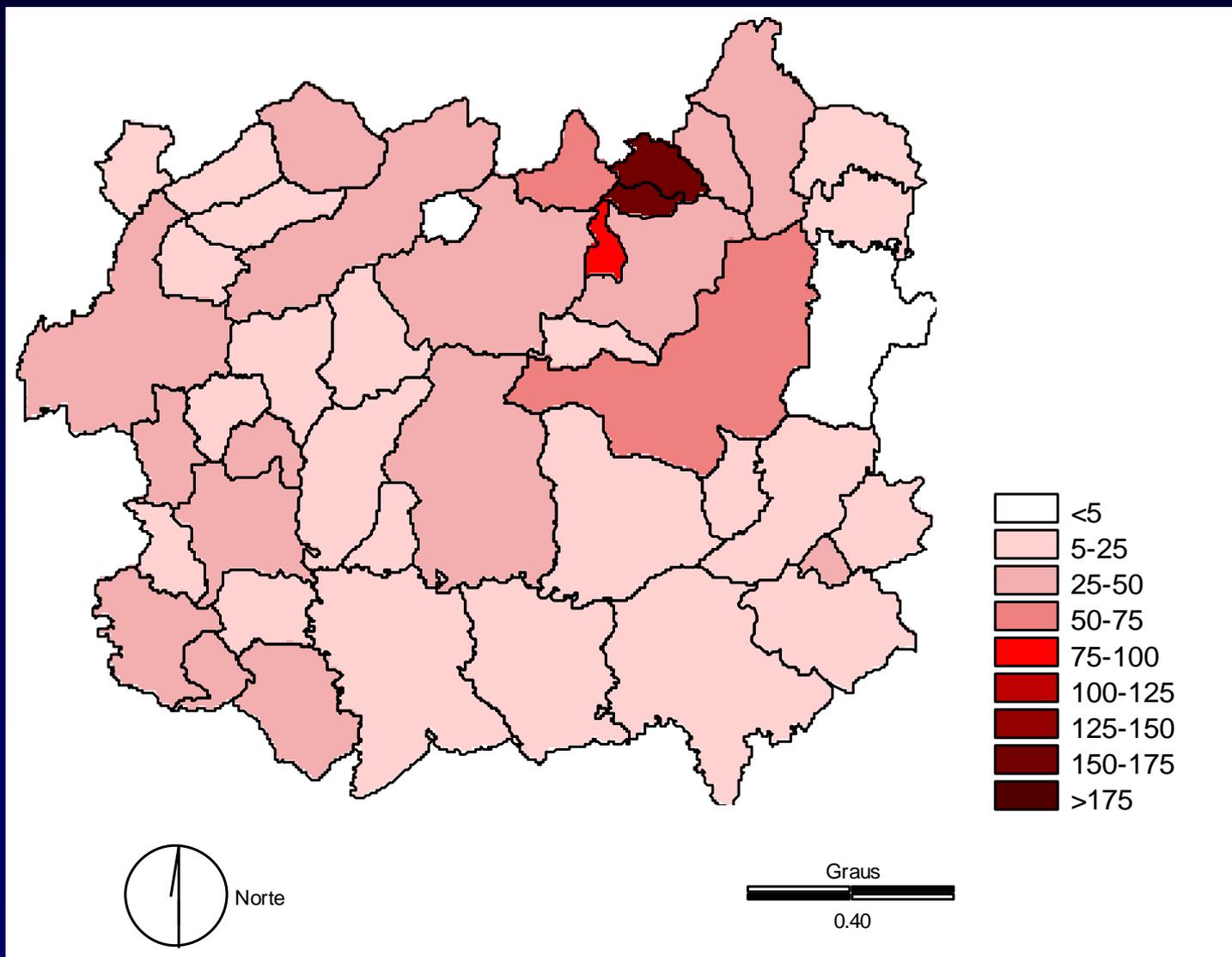
Negativa

Nula

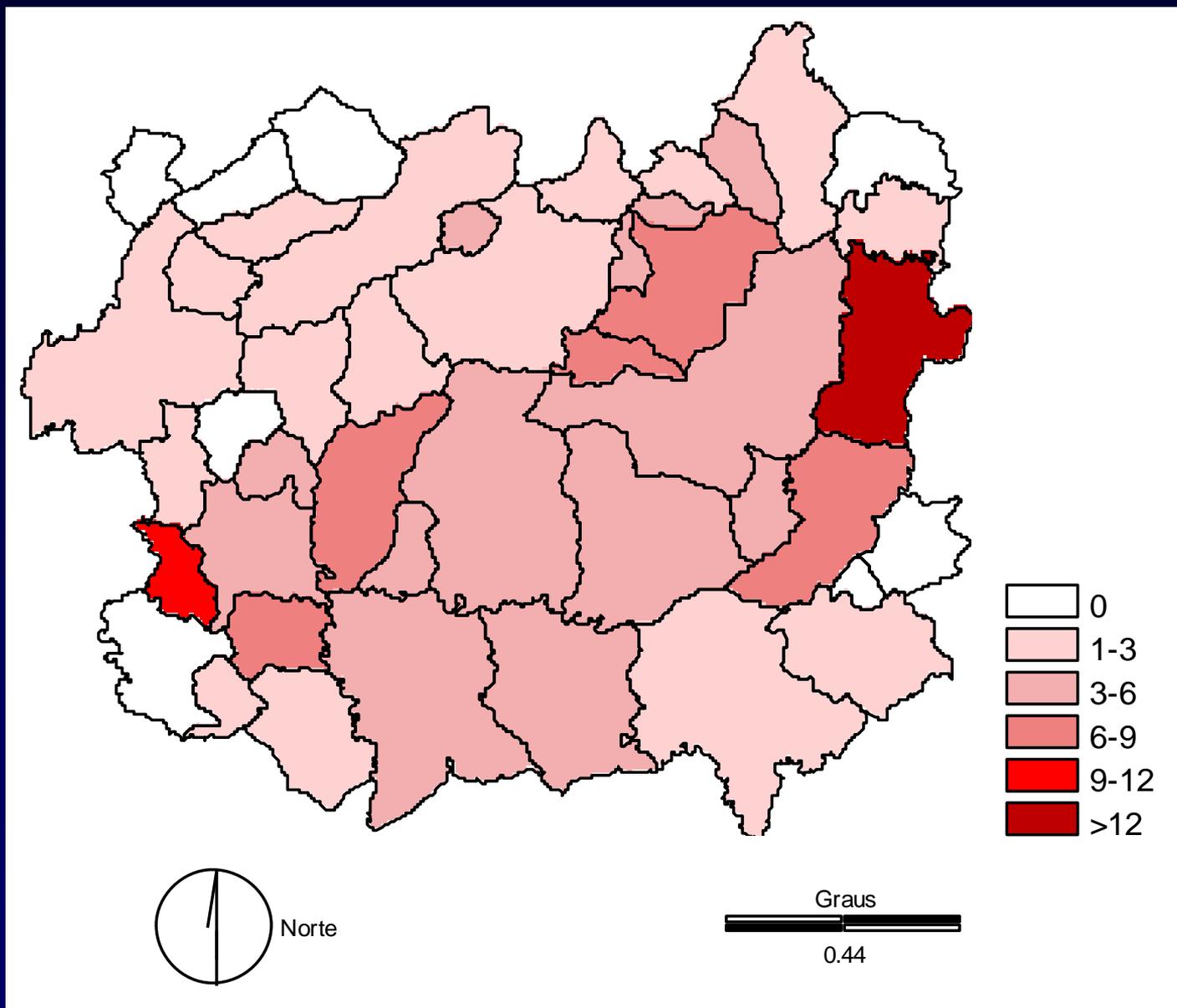
Positiva

**PARACOCCIDIODOMICOSE NO CENTRO
SUDOESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

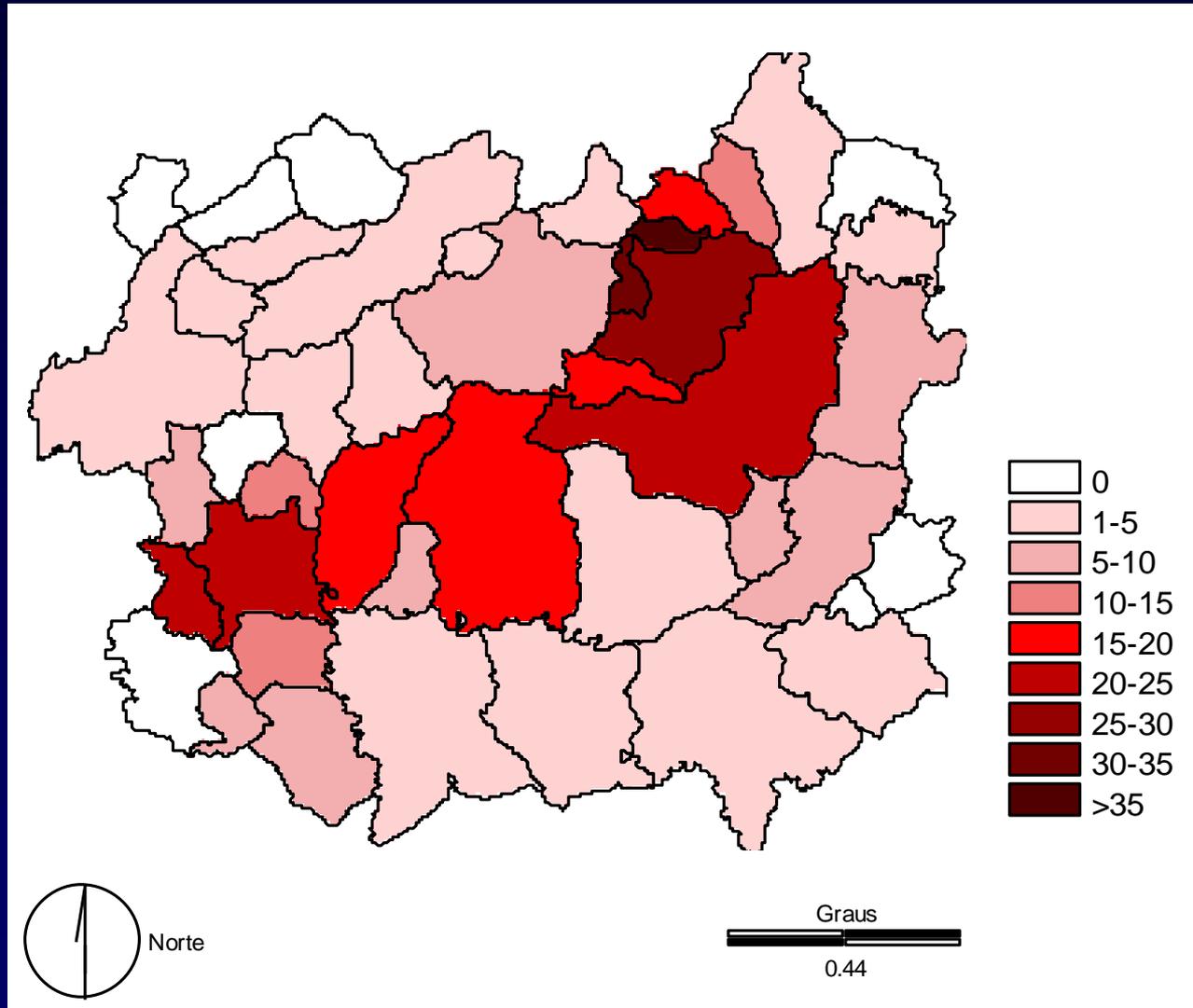
Densidade Populacional (hab/km²)



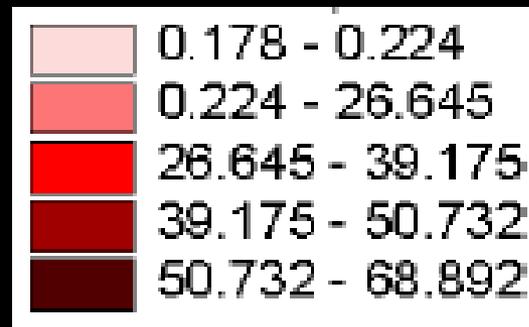
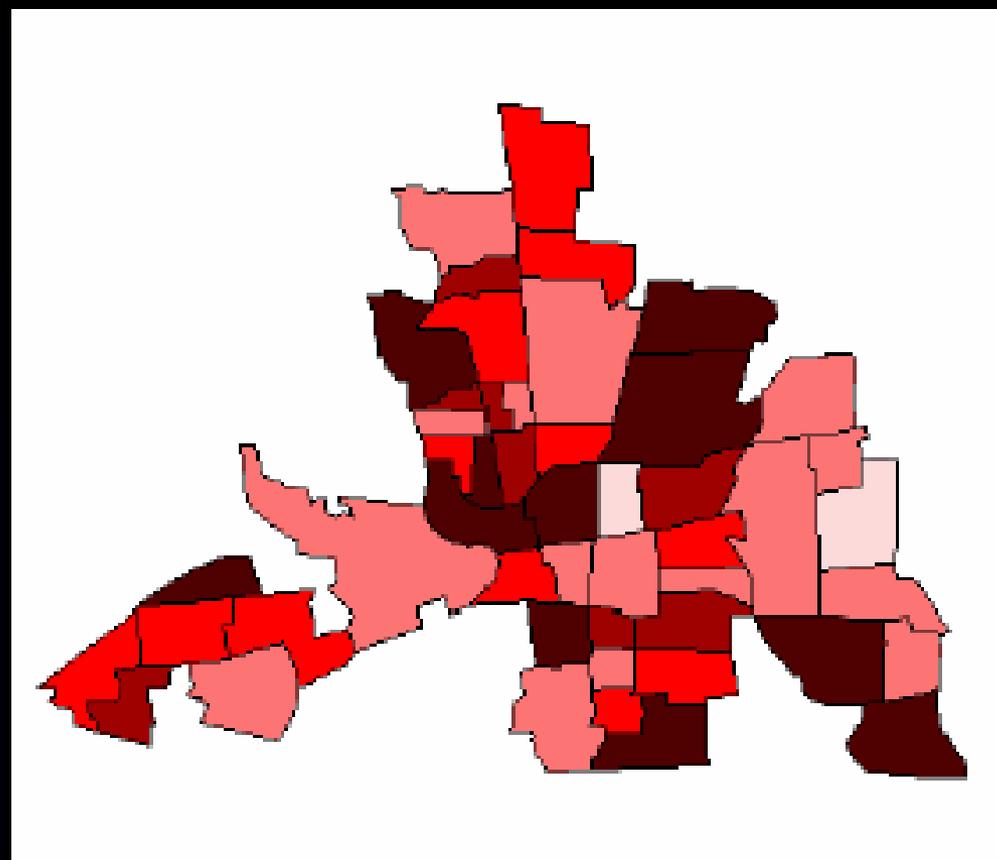
Prevalência (casos/10000 hab)



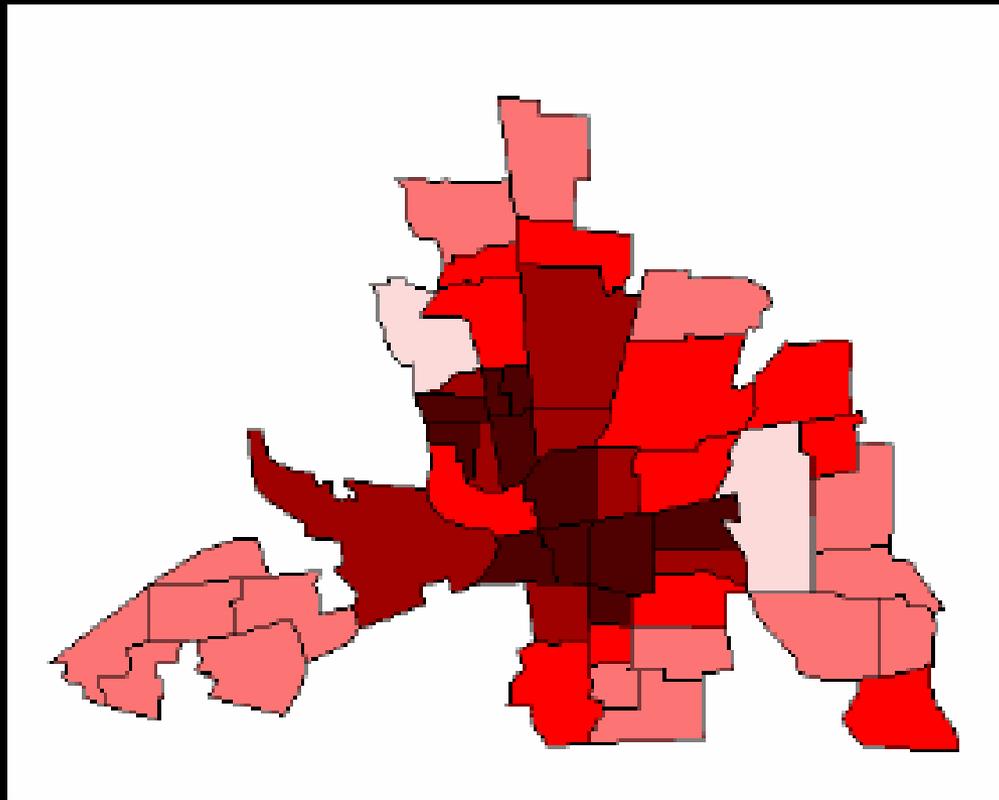
Densidade de Prevalência (casos/km²)

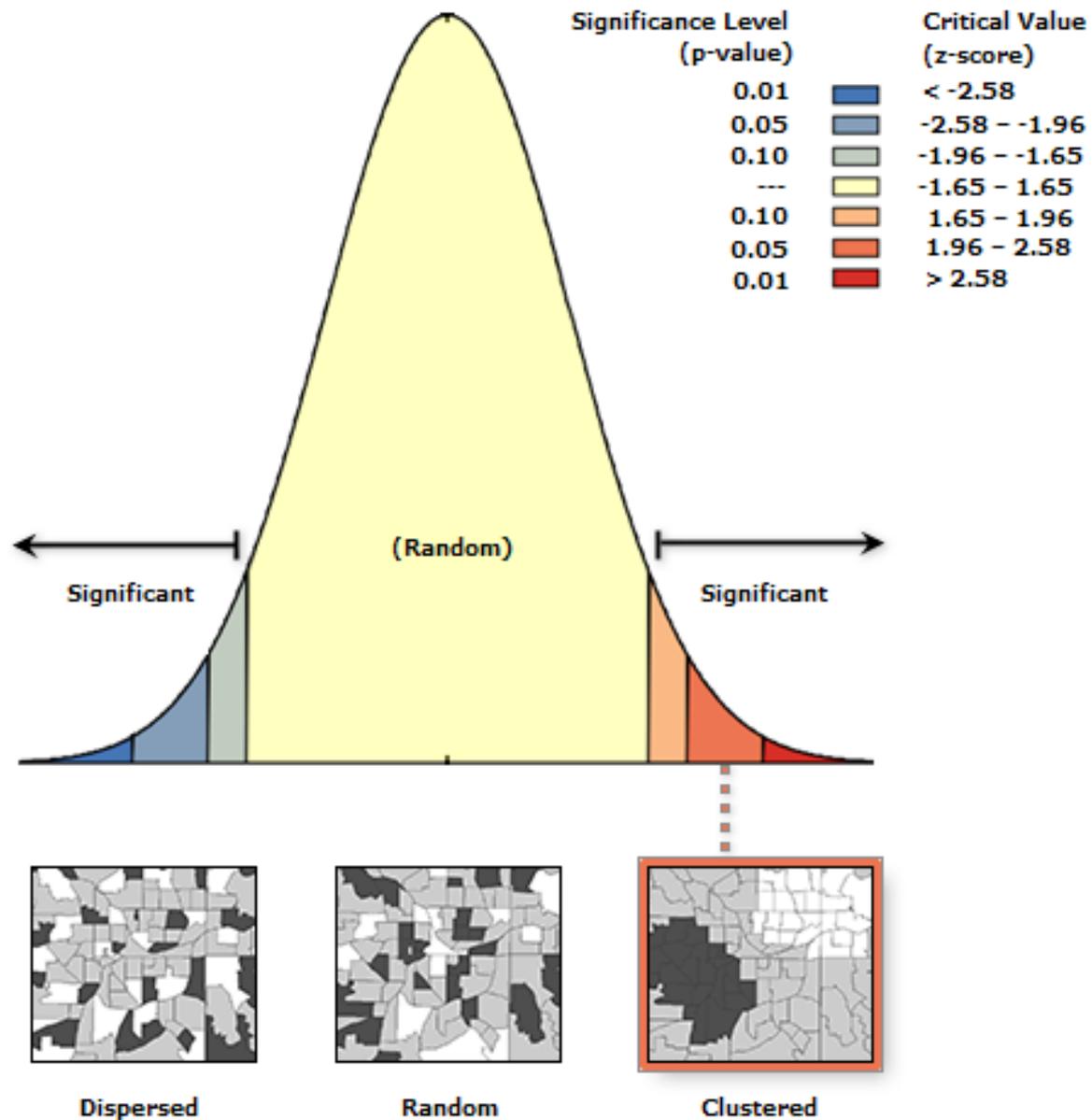


Padrões de autocorrelação espacial



Padrões de autocorrelação espacial





Análise de autocorrelação espacial no ArcGis

Moran's I

- Medida clássica de autocorrelação espacial
- Medidas de correlação entre X e $X_{(\text{vizinhos})}$
- Usa a magnitude de desvio da média e não apenas se os valores são maiores ou menores do que a média
- Depende da definição de unidade de vizinhança

Moran's I

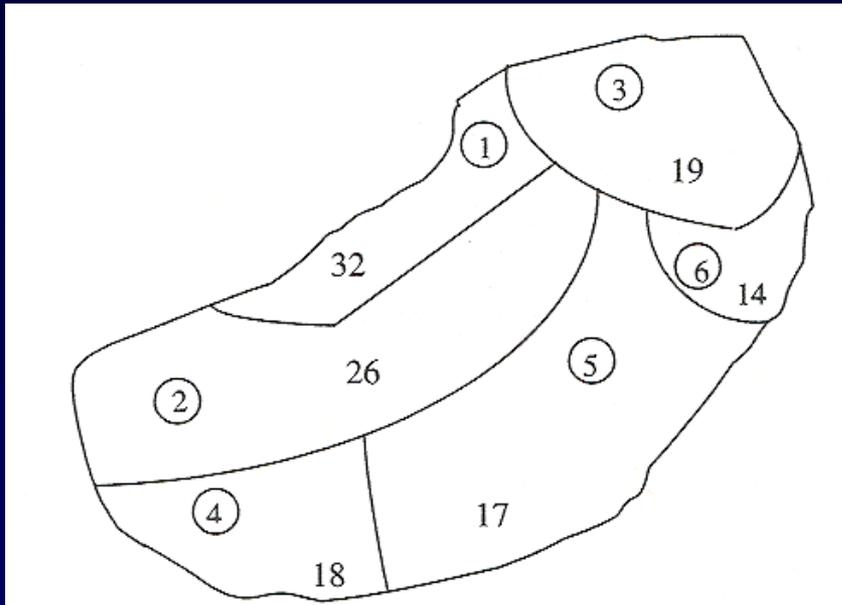
$$I = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{J \sum_i \sum_j w_{ij} \sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

onde, N é o número de pontos no estudo, J o número de pares de pontos examinados, x_i o valor (e.g., incidência da doença) do ponto i , x_j é o valor do ponto j (x_i e x_j são dois pontos de vizinhos próximos) e w_{ij} é a matriz de ponderação

Coeficiente I de Moran

- I é aproximadamente $\text{corr}(X, Y)$ onde Y é a média dos vizinhos
- Varia de -1 a +1 e 0=ausência de correlação
- Y é também chamado de spatial lag or w_X

Moran's I com vizinhos definidos como unidades contíguas



unit	X	Y or w_X
1	32	$(26+19)/2$
2	26	$(32+19+18+17)/4$
3	19	$(32+26+17+14)/4$
4	18	$(26+17)/2$
5	17	$(26+19+18+14)/4$
6	14	$(19+17)/2$

Teste de autocorrelação local - LISA (Local Indicators of Spatial Association), Anselin (1995) - para taxas

- Fornece a medida de autocorrelação espacial para cada unidade de área, I_i

$$I_i = \frac{z_i \sum_j w_{ij} z_j}{\sum_{i=1}^N z_i^2}$$

Espaços públicos abertos e prática de caminhada em tempo de lazer



International Journal of
*Environmental Research
and Public Health*



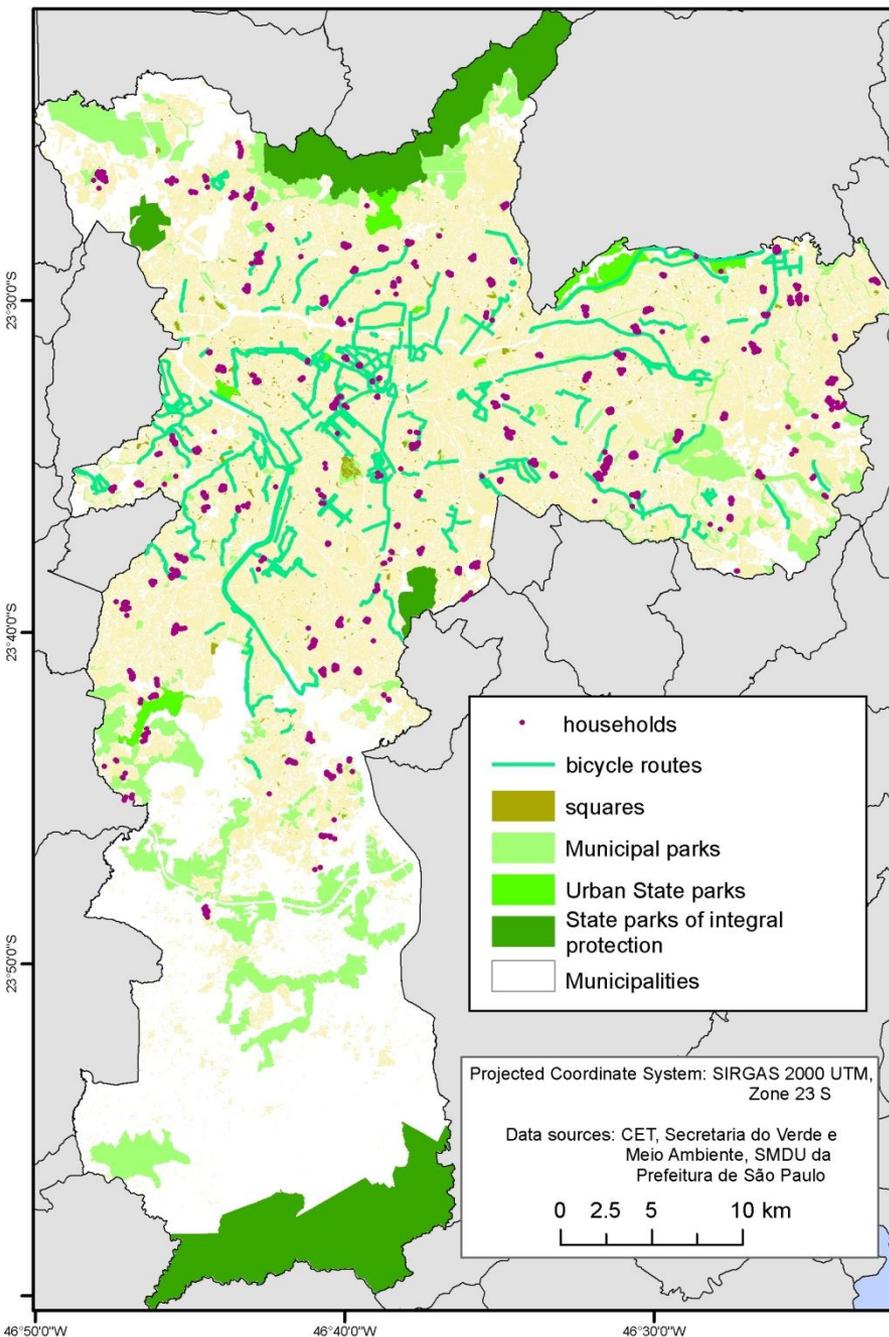
Article

Public Open Spaces and Leisure-Time Walking in Brazilian Adults

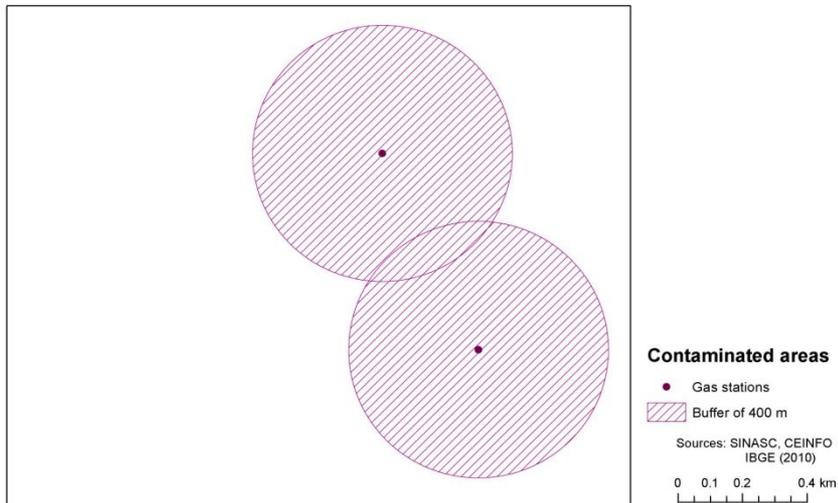
Alex Antonio Florindo ^{1,2,*}, Ligia Vizeu Barrozo ³, William Cabral-Miranda ³,
Eduardo Quieroti Rodrigues ², Gavin Turrell ⁴, Moisés Goldbaum ⁵, Chester Luiz Galvão Cesar ⁶
and Billie Giles-Corti ^{7,8}

Florindo et al. Public open spaces and leisure-time walking in Brazilian adults. *Int. J. Env. Res. Publ. Health*, 2017, 14(6):553-565.

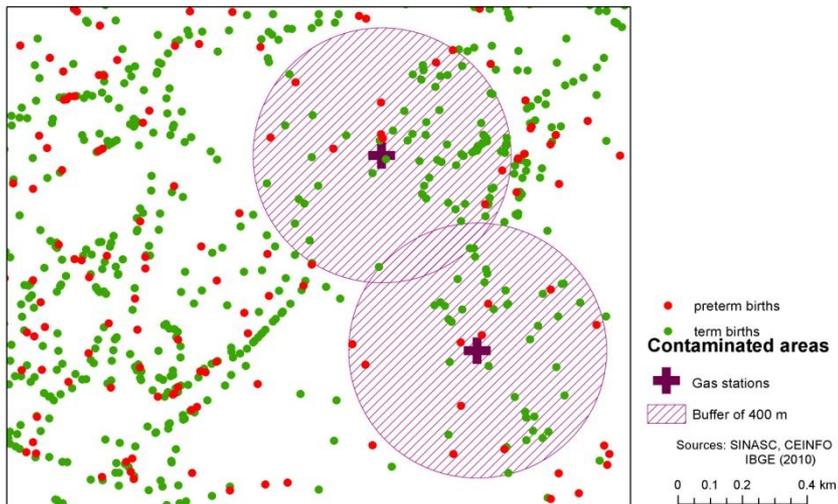




Os principais resultados mostraram que a presença de pelo menos dois destinos recreacionais dentro do buffer de 500 m da residência dos participantes eram associados com o aumento do risco relativo de prática de atividade física durante o tempo livre comparado com os que não tinham nenhum destino presente (OR = 1.65; 95% CI 1.09–2.55). Nenhuma associação foi encontrada para destinos com distância maior. Estes resultados dão suporte às ações esboçadas no novo plano urbano de São Paulo e poderiam ser usados para ressaltar a importância do acesso ao misto de espaços públicos abertos para promover a atividade física em megacidades de países de renda média.



Buffer circular de 400 m em torno de estações de gasolina contaminadas.



Buffers, bebês a termo e pretermos mapeados para analisar a possível influência da exposição em partos prematuros.

lija@usp.br

Obrigada!