

Análise Espacial da Criminalidade no Estado de SP em 2019

Lucas Rabelo

Abstract

Muitos dos trabalhos desenvolvidos na área de análise espacial de crimes tem como motivação demonstrar como usar o mapeamento da criminalidade para ajudar as organizações policiais a planejar e obter melhores resultados na redução da criminalidade. O estado de São Paulo é um dos mais populosos do Brasil, sendo uma das maiores metrópoles da América Latina. Os dados sobre o setor de segurança pública do estado são disponibilizados pela SSPSP (Secretaria De Segurança Pública de São Paulo). Com o objetivo de estudar o comportamento da criminalidade no estado de São Paulo, foi feita a análise da dependência espacial dos crimes com informações disponíveis no conjunto de dados, utilizando o Global Moran's I e o Local Moran's I, esses índices dão uma visão geral e local de como combater o aumento dos índices criminais de artigo 121, 155 e 157 (respectivamente homicídio, furto e roubo) em todo o estado de São Paulo.

1 - Introdução

O mapeamento da violência hoje é um processo bastante conhecido do campo de análise da criminalidade, o Departamento de Polícia da Cidade de Nova York, por exemplo, rastreou o uso de mapas até pelo menos o ano 1900¹, muitos dos trabalhos desenvolvidos na área de análise espacial de crimes tem como motivação demonstrar como usar o mapeamento da criminalidade para ajudar as organizações policiais a planejar e obter melhores resultados na redução da criminalidade, usando o mapeamento do crime como técnica para identificar áreas de alta periculosidade, para então tentar identificar por que um crime ocorre. As mudanças sociais nos últimos 40 anos tornaram os métodos tradicionais de policiamento incapazes de enfrentar os novos desafios deste período².

Dados do Ministério da Saúde revelam que a taxa de homicídios intencionais evoluiu significativamente na maioria dos estados brasileiros. Apesar de alguns estados apresentarem um decréscimo em suas taxas anuais, a grande maioria registrou um incremento. A criminalidade é uma questão que preocupa os cidadãos e os governos de qualquer país, uma vez que afeta drasticamente o bem-estar da população por meio de perdas de patrimônio e/ou por causar risco à integridade física dos indivíduos. Nesse sentido, os crimes impõem uma série de custos à sociedade. A criminalidade afeta a atividade turística e a entrada de novos investimentos e provoca a expulsão do investimento existente.

O estado de São Paulo é um dos mais populosos do Brasil, sendo uma das maiores metrópoles da América Latina. São Paulo, assim como os demais estados do Brasil, conta com dois tipos de corporações policiais para realizar a segurança pública em seu território, a Polícia Militar do Estado de São Paulo (PMESP), a maior polícia do Brasil e a terceira maior da América Latina em efetivo, com 138 mil militares, e a Polícia Civil do Estado de São Paulo, que exerce a função de polícia judiciária. Os dados sobre o setor de segurança pública do estado são disponibilizados pela SSPSP (Secretaria De Segurança Pública de São Paulo) para o ano de 2019 coletados no Kaggle e com fonte principal sendo a SSPSP, os dados podem ser acessados em :(https://www.kaggle.com/dbwaller/official-crime-data-sao-paulo-statebrazil-ssp?select=ds_SSP_CrimeRate_SP-BR_utf8_2001-2019.csv).

Com o objetivo de estudar o comportamento da criminalidade no estado de São Paulo, o estado que tem 645 municípios, foi dividido em sub-regiões (**Figura - 1**), para a realização de análises dos índices de criminalidade em cada região, além disso foi feita a análise da dependência espacial dos crimes com informações disponíveis no conjunto de dados, o método espacial para análise espacial foi calculado por meio do Global Moran's I e do Local Moran's I⁴, também conhecido como estatística LISA (*Local Indicator of Spatial Association*), sendo ambos utilizados como indicadores de associação espacial.

Mesorregiões de SP, 2019

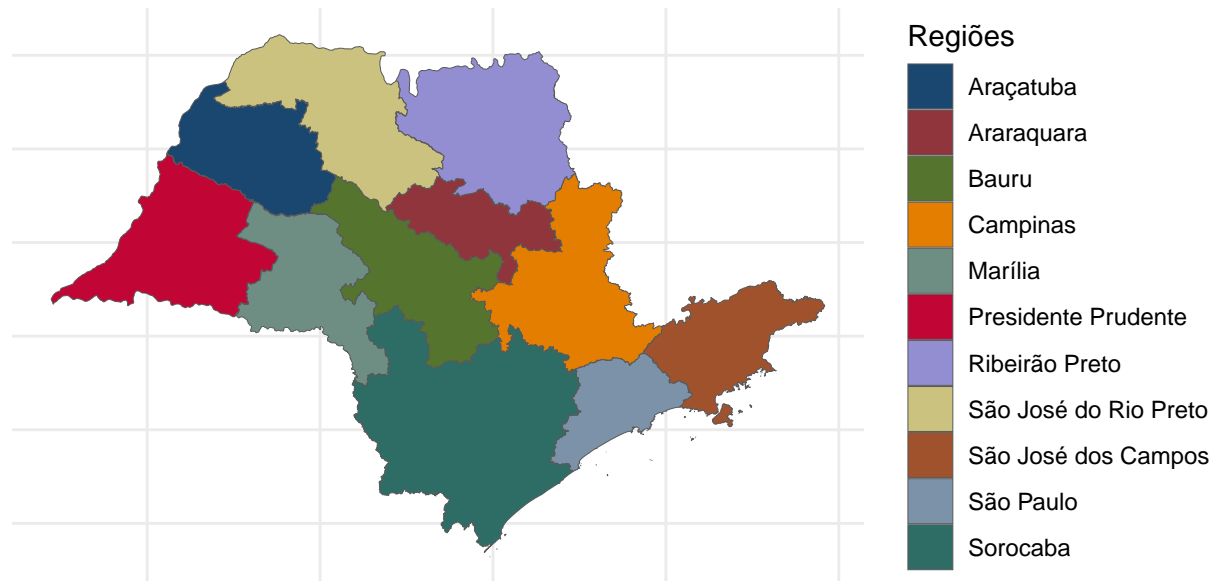


Figura 1 - Mesorregiões do Estado de SP

2 - Métodos

Banco de Dados e Limitações

Para realização das análises de dependência espacial e para criação dos mapas foi utilizado o software estatístico R (Versão 4.0.3), além disso como o banco utilizado tinha informações para todos os anos desde 2000 até 2019, foi necessário filtrá-lo para realizar a análise apenas para os índices a partir de 2000. Decidimos também por apenas representar visualmente os índices de criminalidade das variáveis que atingissem um índice Global de Moran ($Im \geq 0.30$),

ou que fossem categorizados por 100 mil habitantes, os mapas de correlação local apenas foram feitos para os índices que atingissem ($Im \geq 0.30$). No entanto é importante frisar que há algumas limitações no trabalho, visto que não há informações para todos os municípios do estado e os dados originalmente se referem a essas unidades administrativas, e como foi feita a divisão em mesorregiões supõe-se que os índices para as mesorregiões estão refletidos nas informações dos municípios que estavam disponíveis em cada região, além disso não disponibilizamos os boxmaps para a análise neste trabalho, apesar disso todos os clusters identificados como significativos pelo *LISA* foram classificados como HH (Alto-Alto).

Índice de Moran

Para avaliar a dependência espacial foi utilizado o método K-ésimo vizinho mais próximo (KNN, do inglês K-nearest neighbors) para ligar os polígonos e criar a matriz de vizinhança normalizada por linha, para que fossem calculados o Índice de Moran global e o local. O índice global é o método tradicionalmente usado e condensa a dependência espacial em apenas um número⁵, no entanto o uso do indicador local de associação espacial (LISA) utilizado para identificar padrões espaciais, se faz útil pois de acordo com Maia, Gomes e Almeida (2018, p.930) enquanto o índice de Moran global pode sugerir que haja baixa correlação espacial nos dados, os valores do LISA podem identificar sub-regiões geográficas em que o agrupamento (clustering) negativo ou positivo ocorram⁶.

O Índice global de Moran é calculado (**Equação 1**) de tal maneira que temos w como sendo a matriz de vizinhança, e x os valores da variável de estudo e n o número de polígonos identificados e \bar{x} é a média:

Equação 1

$$Im = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})w_{ij}}{W \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Onde W é definido pela seguinte equação:

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$$

Os valores variam de 1 a -1, sendo que o 0 indica a ausência de correlação espacial, no entanto como valores dentre positivos e até 1 indicam correlação direta e positiva e negativos até -1 correlação inversa, por estarmos interessados na presença de dependência espacial positiva os testes de hipótese foram construídos com nível de confiança de 95%, seguindo a premissa de que a hipótese alternativa corresponde a um índice maior que zero, e a hipótese nula é de independência espacial, ou seja $H_0: I = 0$ e $H_1: I > 0$. A validação do índice foi feita utilizando 10.000 simulações em um teste de permutações aleatórias (*Monte-Carlo*)⁷.

Já o Índice de Moran local (LISA) é calculado pela seguinte equação (**Equação 2**):

Equação 2

$$I(i) = \frac{x_i - \bar{x}}{s_i^2} \sum_{j=1}^n w_{ij}(x_j - \bar{x}), i = 1, \dots, n, j \neq i$$

Onde s_i^2 é a variância da variável de estudo x_i :

$$s^2(i) = \frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{n - 1}, i = 1, \dots, n, j \neq i$$

Os Boxmaps são uma representação cartográfica dos quadrantes do gráfico de dispersão de Moran, onde temos que em Seffrin, Araujo e Bazzi (2018,p.28) os valores HH e LL significam respectivamente que essas áreas possuem valores altos rodeadas por áreas que apresentam valores também altos e valores baixos da variável de interesse, rodeadas por áreas que apresentam valores baixos, o valor LH representa áreas com valor baixo rodeada de outras áreas com valores altos, já o HL é o contrário, são regiões com valores altos próximas de locais com valores baixos, as funções utilizadas para o cálculo da dependência espacial estão pesentes na biblioteca spdep do software estatístico R (Versão 4.0.3).

3 - Resultados e Discussão

O Índice Global de Moran (**Tabela 1**) foi alto ($Im \geq 0.60$) para o número de homicídios por 100 mil habitantes, indicando que há um nível de dependência espacial para a ocorrência deste crime no estado, ou seja existem aglomerados para a ocorrência deste crime dentre as regiões da Unidade Federativa, de fato a ocorrência de homicídios por 100 mil habitantes no estado (**Anexo A1**) é maior nas regiões de Campinas, São Paulo, Sorocaba e São José dos Campos, os conglomerados identificados pelo *LISA* (**Anexo A6**) foram São Paulo, São José dos Campos e Campinas.

Sobre o índice de furtos por 100 mil habitantes (**Anexo A2**) a dependência espacial foi moderadamente alta ($Im \simeq 0.45$), sendo que para o Índice observado em 2019 valores altos foram encontrados para as mesmas regiões para a quantidade de homicídios foram identificados, o índice espacial local de Moran identificou São Paulo e Campinas como *clusters* de furtos por 100 mil habitantes (**Anexo A7**). Índices de Moran global moderados ($Im \geq 0.30$), foram encontrados para a quantidade de furtos e roubos de veículos por 100 mil habitantes (**Anexo A3**) e para a quantidade de furtos por 100 mil veículos (**Anexo A5**), sendo que as regiões com altos índices de criminalidade foram Campinas e São Paulo, sendo estes também os *Clusters* identificados pelo *LISA* (**Anexos A8 e A9**).

Para Campinas o menor índice de criminalidade foi encontrado para a quantidade de roubos por 100 mil habitantes em 2019 (**Anexo A4**), no entanto a dependência global de Moran foi leve para este índice de criminalidade. Os índices de criminalidade no geral foram altos para as regiões de Campinas e São Paulo, sendo que algumas vezes São José dos Campos e Sorocaba tiveram altos índices, no entanto a região de Sorocaba não foi identificada apresentando dependência espacial em nenhum dos índices.

Tabela 1 - Índice de Moran Global sobre a quantidade de crimes.

Crime	Moran Global	P-valor (Monte-Carlo)
Homicídios 100 mil habitantes	0.62503	<0.0001
Furtos 100 mil habitantes	0.44878	0.0014
Roubos 100 mil habitantes	0.14602	0.0132
Furto e Roubo de Veículos 100 mil habitantes	0.32681	0.00969
Furto 100 mil Veículos	0.31235	0.00519
Roubo 100 mil Veículos	0.096276	0.0253
Furto e Roubo 100 mil Veículos	0.22639	0.0124

4 - Conclusão

De fato muitas intuições governamentais e até a experiência de cidadãos de outras unidades federativas os fazem considerar o estado de São Paulo, um dos mais seguros do país, segundo uma notícia do próprio governo de São Paulo, com um artigo postado em 06/08/2019 em (<https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/das-20-cidades-menos-violentas-do-pais-14-estao-em-sao-paulo/>), das 20 cidades menos violentas do país 14 estão em São Paulo, porém apesar disso o problema da falta de segurança pública ainda se faz presente no estado, visto o alto índice de dependência espacial dos crimes de artigos 121, 155 e 157 do código penal.

Apesar das limitações de nosso trabalho, ou seja a não disponibilidade de dados para todos os municípios das mesorregiões, o que pode dificultar a inferência para as mesorregiões, no geral os índices globais de Moran indicam que uma ação deve ser tomada em conjunto em

todo o estado para a diminuição da quantidade de homicídios e furtos no estado que foram os índices que tiveram um maior índice de dependência espacial global em toda a unidade federativa, apesar de que a diminuição de todos os índices de criminalidade deve ser visada. Além disso, os índices locais de Moran podem dar uma visão local de como combater o aumento dos índices de artigo 121 e 155 de maneira mais eficiente, nas mesorregiões de São Paulo, Campinas e São José dos Campos, visto que estes são os agrupamentos que mais se destacaram negativamente na unidade federativa.

Bibliografia

- [1] - Harries, K. (1999). Mapping Crime: Principle and Practice. EU.S. Department of Justice. Office of Justice Programs. National Institute of Justice. <https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/178919.pdf>
- [2] - Silva, W (2019). Crime Mapping: Using Geography to Plan Policing, 41. <https://doi.org/10.4000/confins.21908>
- [3] - Durlo, Raul de Sá. (2016): Análise espacial da criminalidade em uma grande metrópole: um estudo de caso para o município de São Paulo, UNESP. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/144976>.
- [4] -CARDOSO, Carlos Eduardo de Paiva. (2007). Dependência Espacial, Setores Censitários, Zonas OD, Distritos, Sub Prefeituras e etc. [S.l.]. <http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/espacial.pdf>. Acesso em: 24/11/2020.
- [5] - BRAGA, Altemir da Silva.*et al.* (2010). Estudo de Dependência Espacial utilizando Análise de Dados de Área Aplicada na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte por meio do Indicador Econômico PIB. 19ª SINAPE. [S.l.]. Disponível em: <http://www2.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Resumo%20expandido%20SINAPE.pdf>. Acesso em: 24/11/2020.
- [6] - MAIA, André Luis Santiago; GOMES, Gecynalda Soares da Silva; ALMEIDA, Isabelle Galdino de. (2018). SPATIAL STUDY OF INCIDENCE RATES OF OCCUPATIONAL

ACCIDENTS IN BRAZIL FROM 2002 TO 2012. REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA, [S.l.], v. 36, n. 4, p. 927-941. ISSN 1983-0823. Available at: <http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/322>. Date accessed: 24 nov. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v36i4.322>.

[7] - SEFFRIN, R.; ARAUJO, E. C.; BAZZI, C. L. (2018). Análise espacial de área aplicada a produtividade de soja na região oeste do Paraná utilizando o software R. R. bras. Geom., Curitiba, v. 6, n. 1, p. 23-43. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo/article/view/5912>. Acesso em: 24/11/2020.DOI: 10.3895/rbgeo.v6n1.5912

Anexo

A1

Mesorregiões de SP

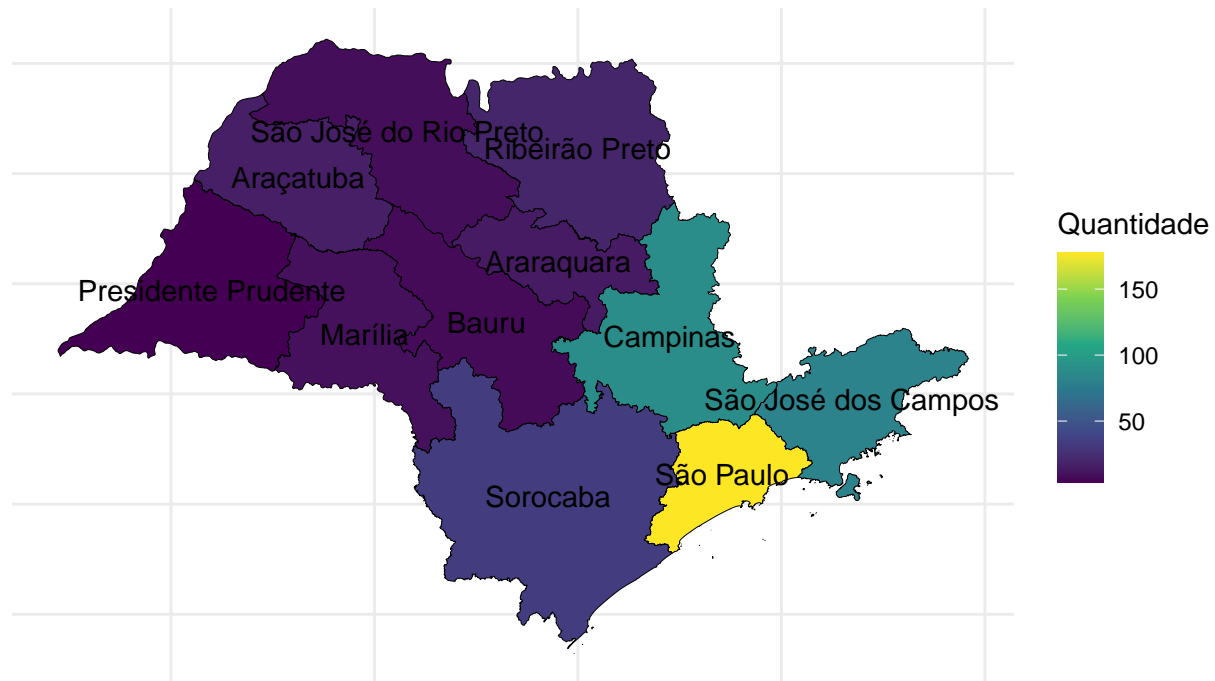


Figura A1 - Homicídios por 100 mil habitantes

A2

Mesorregiões de SP



Figura A2 - Furtos por 100 mil habitantes

A3

Mesorregiões de SP



Figura A3 - Roubos por 100 mil habitantes

A4

Mesorregiões de SP



Figura A4 - Furto e Roubos de Veículos por 100 mil habitantes

A5

Mesorregiões de SP

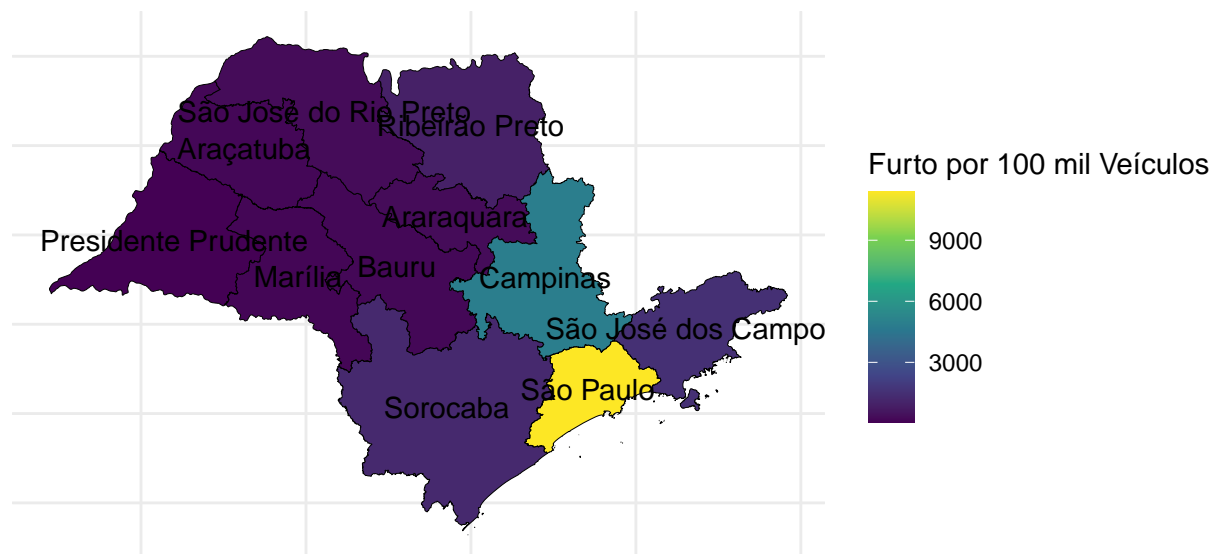


Figura A5 - Furtos por 100 mil veículos

A6

Homicídios Por 100 Mil

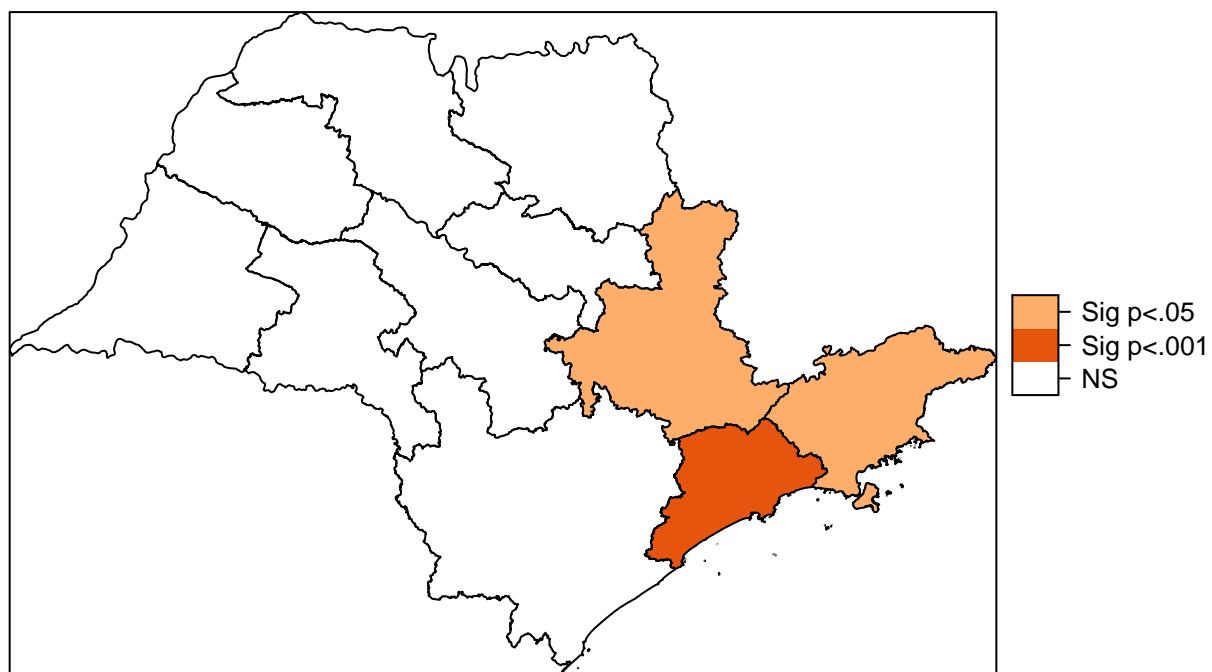


Figura A6 - Índice local de Moran em homicídios 100 mil habitantes

A7

Furtos

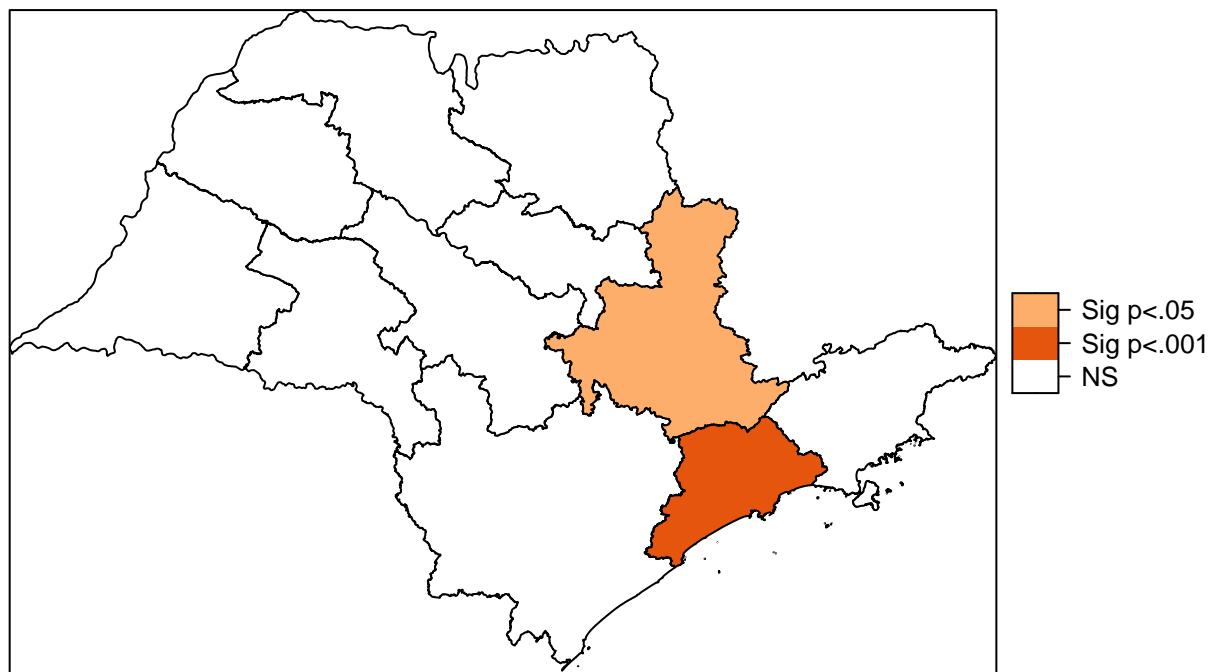


Figura A7 - Índice local de Moran em furtos 100 mil habitantes

A8

Furto e Roubo de Veículos 100 mil habitantes

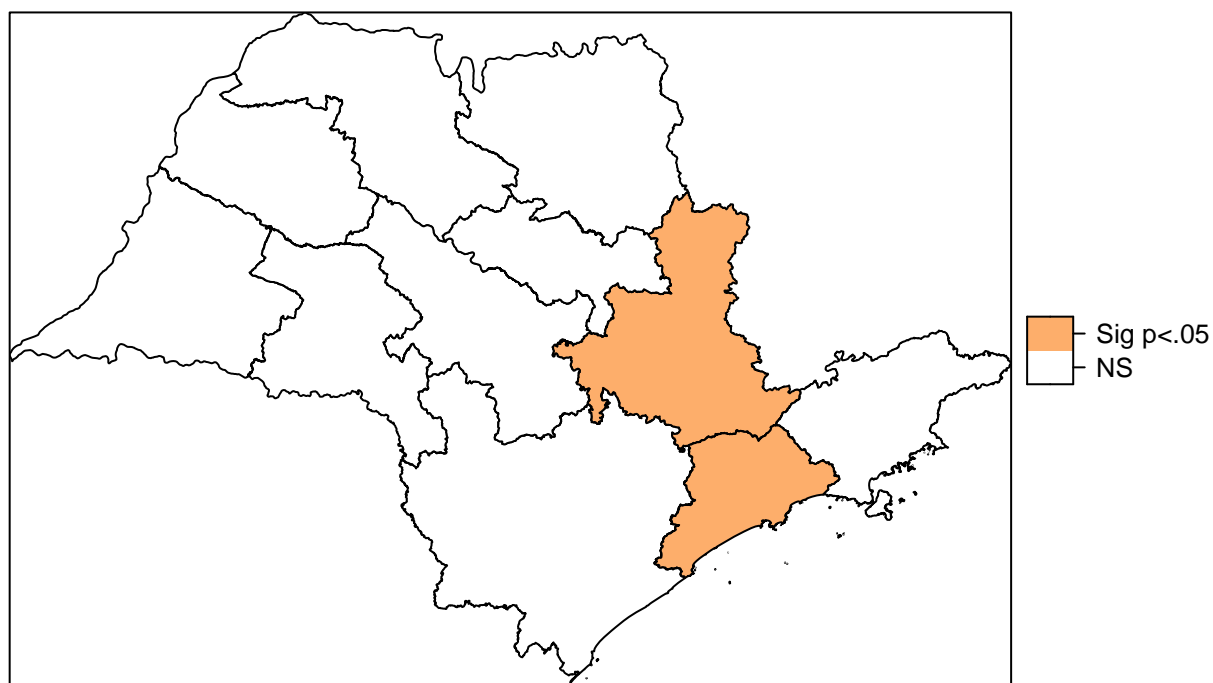


Figura A8 - Furto e Roubo de Veículos 100 mil habitantes

A9

Furto 100 mil Veículos

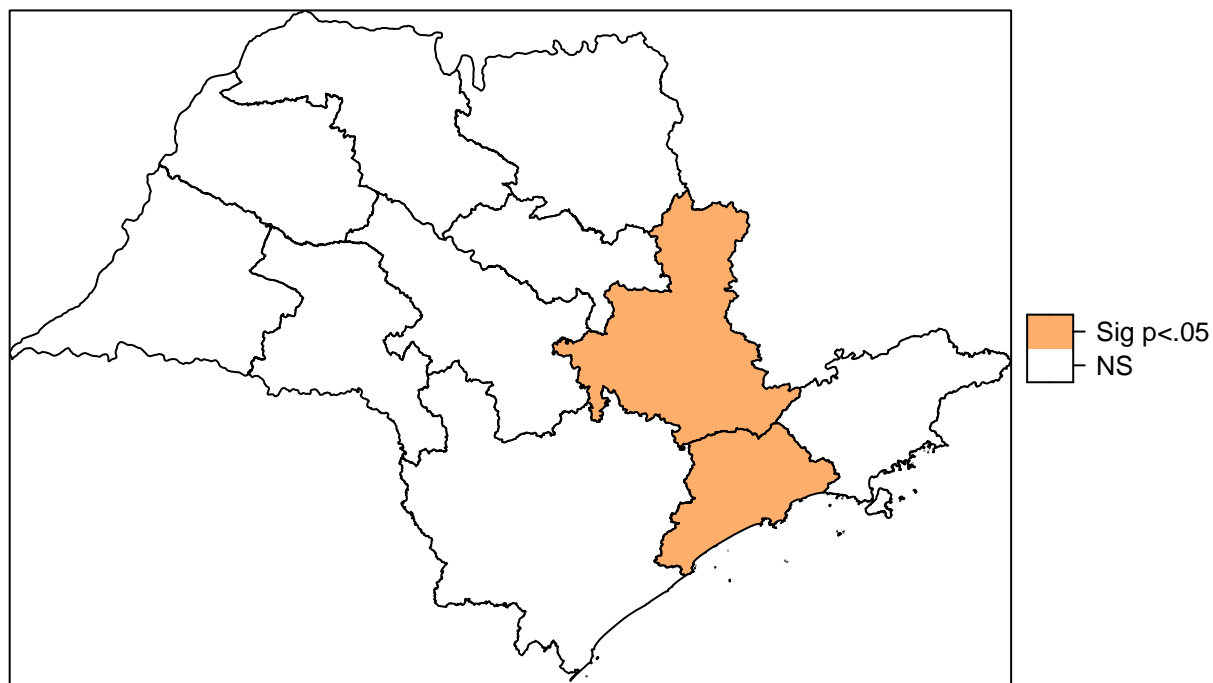


Figura A9 - Índice local de Moran em furtos 100 mil veículos