

EVOLUÇÃO E DINÂMICA TERRITORIAL DA TAXA DE HOMICÍDIOS NA REGIÃO NORDESTE NO BRASIL

Luiz Eduardo V. Rocha¹

Eduardo Alvares de Lima²

Resumo: O presente trabalho, dentro do contexto do aumento da criminalidade no país, verificado nas últimas décadas, e das desigualdades regionais, tem como objetivo analisar a evolução e a dinâmica territorial da taxa de homicídios nos municípios da região nordeste do Brasil nos anos de 2000, 2010 e 2020. Para tanto, (i) calculamos a taxa bayesiana empírica local dos homicídios nos 1787 municípios nordestinos; (ii) estimamos a correlação espacial I de Moran univariada das taxas de homicídios e apresentamos os mapas de Clusters espaciais univariados, “*Local Indicators of Spatial Association (LISA)*”, definindo a estrutura espacial da criminalidade violenta na região, com a delimitação dos clusters espaciais (Alto-Alto), (Baixo-Baixo), (Alto-Baixo) e (Baixo-Alto). Em síntese, as taxas de homicídios cresceram vertiginosamente em todos os municípios, desde os pequenos, com menos de 25 mil habitantes, que representam mais da metade dos municípios da região, até as metrópoles, que concentram por volta de 49% da população do Nordeste. Esses eventos levaram a um espalhamento da violência na região, influenciando de forma negativa o cumprimento da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, proposta pelos estados membros da ONU, sociedade civil e o setor privado, em vários objetivos propostos.

Palavras-chave: Taxa bayesiana empírica local de homicídios, Região nordeste do Brasil, Análise Exploratória de Dados Espaciais.

Abstract: The present work, within the context of the increase in crime in the country, verified in the last decades, and regional inequalities, has as its general theme to analyze the evolution and territorial dynamics of the homicide rate in the municipalities of the northeast region of Brazil in the years for 2000, 2010 and 2020. To do so, (i) we calculated the local empirical Bayesian homicide rate in the 1787 northeastern municipalities; (ii) we estimate the univariate Moran I spatial dynamics of homicide rates and present univariate spatial cluster maps, “*Local Indicators of Spatial Association (LISA)*”, defining the spatial structure of violent crime in the region, with the delimitation of spatial clusters (High-High), (Low-Low), (High-Low) and (Low-High). In summary, homicide rates are growing dramatically in all municipalities, from small ones with less than 25,000 inhabitants, which represent more than half of the municipalities in the region, to large cities, which concentrate around 49% of the population in the Northeast. These events led to a spread of violence in the region, negatively influencing the fulfillment of the 2030 Agenda for Sustainable Development, proposed by UN member states, civil society and the private sector, in several objectives.

Keywords: Local Empirical Bayesian Homicide Rate, Northeastern Brazil, Exploratory Spatial Data Analysis.

JEL: J19, K40

Área temática: 4 – Geoprocessamento e análise espacial.

¹ Professor do Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal de São João Del Rei e do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento, Planejamento e Território – PGDPLAT/UFSJ. Email: levrocha@ufsj.edu.br

² Discente do curso de Ciências Econômicas da UFSJ e bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG. Email: edu.alvalimar@aluno.ufsj.edu.br

1. Introdução

As nações, em todas as regiões do planeta, têm enfrentado o aumento da criminalidade nas últimas décadas. Essa conjuntura se manifesta de diferentes formas, apresentando intensidade, distribuição espacial e tipos de eventos criminais de distintas características dependendo da região, mas colocando em risco indistintamente o cumprimento da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, principalmente em relação ao seu Objetivo 16 que visa “promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis”. Entre todos os eventos criminais, que não podem ser dissociados uns dos outros, chama a atenção o comportamento da taxa de homicídios. Segundo o *Estudo Global sobre Homicídios 2019*, publicado recentemente pelo escritório das nações unidas sobre drogas e crimes (UNODC, 2019), o continente americano continua a registrar as mais altas taxas de homicídios no mundo, atingindo mais intensamente as populações de homens jovens, negros e pobres.

A importância das taxas de homicídios intencionais dentro dos estudos da violência e da criminalidade, representando um indicador robusto dos níveis de violência para regiões e países, pode ser explicada pelo fato do indicador ser facilmente mensurado e permitir comparações longitudinais e regionais. Outra explicação para a importância do estudo do tema refere-se ao fato que o homicídio, além da perda original da vida, provoca um efeito cascata nos familiares e na comunidade da vítima, criando um ambiente que impacta negativamente a sociedade e a economia. Entretanto, ao buscar estimar essas taxas, torna-se necessário ter um conceito claro para orientar quais atos específicos de matar devem ser considerados homicídio intencional.

O Brasil, dentro da conjuntura do aumento da violência da criminalidade nas últimas décadas, ganha relevância por apresentar uma trajetória de crescimento dos homicídios mais elevada no mundo, somando-se a isso a complexidade da ocorrência desses eventos nas diversas regiões do país e o aumento da letalidade do aparato policial. Segundo informações do Atlas da Violência (Ipea, 2019), entre 2007 e 2017, o número de homicídios no Brasil passou de 48,2 para 65,6 mil, atingindo a taxa bruta de 31,6 mortes para cada 100 mil habitantes³, tratando-se do maior nível histórico de letalidade violenta verificado no país. Esse comportamento da violência ganha maior preocupação por concentrar-se principalmente na população jovem, onde observam-se que 59,1% dos óbitos de homens entre 15 e 19 anos, em 2017, foram ocasionados por homicídios.

A trajetória de aumento da violência letal no país apresentou comportamento bastante heterogêneo dos indicadores nas cinco macrorregiões da federação. Esse fato se deve às desigualdades regionais e às características peculiares de cada estado, tais como políticas de segurança pública, infraestrutura econômica e estrutura demográfica, entre outras, levando, principalmente nas regiões Sudeste e Sul, à queda dos homicídios em contrapartida ao expressivo aumento da criminalidade nos estados das regiões Norte e Nordeste. Entre os anos de 2007 e 2017, enquanto as taxas de homicídios por 100 mil habitantes dos estados do Ceará, Acre e Amazônia cresceram, respectivamente, 159,7%, 219,4% e 95,3%, estados como São Paulo, Espírito Santos e Minas Gerais apresentaram, respectivamente, decréscimo de -33,5%, -29,0% e -2,7% (Ipea, 2019). Esse comportamento demonstra que o aumento

³ Segundo relatório do escritório das Nações Unidas para Droga e Crime (ONUDC, 2019) o Brasil, em 2019, era o segundo país da América do Sul com maior taxa bruta de homicídios, apresentando 30,5 homicídios por cem mil habitantes, ficando atrás apenas da Venezuela com taxa de 56,8. Regiões ou países que apresentam taxas acima de 10 homicídios por cem mil habitantes são considerados pela ONUDC em situação de crise humanitária.

das taxas agregadas da violência no país, no período, convive com realidades distintas para a dinâmica da criminalidade nos estados da federação.

O presente trabalho, dentro do contexto do aumento das taxas de homicídios no país e das desigualdades regionais, tem como tema geral analisar a evolução e a dinâmica territorial da taxa de homicídios nos municípios dos estados da região nordeste do Brasil nos anos de 2000, 2010 e 2020. A região é composta por nove estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe), totalizando, atualmente, o número de 1787 municípios, caracterizados por grande heterogeneidade geográfica, cultural e econômica. Dada a extensão territorial da região e das diversidades políticas e institucionais, a análise da dinâmica espacial da taxa de homicídios, utilizando como unidade de observação os municípios, possibilitará identificar as regiões mais violentas e, dando prosseguimento ao estudo, as suas características socioeconômicas.

Os estudos da distribuição espacial da criminalidade têm uma longa tradição nas ciências sociais. A determinação de padrões espaciais e temporais para determinados tipos de delitos, tendo em vista que eles não ocorrem aleatoriamente, permite maior eficiência na adoção de estratégias por parte das organizações policiais na repressão e na implementação de políticas públicas preventivas da criminalidade, possibilitando a identificação de medidas específicas segundo os tipos de crimes e dos locais de ocorrências (Rich, 1997; Sherman, 1997). Ao analisar qualquer evento na perspectiva espacial, o primeiro desafio refere-se ao nível de agregação necessário. No caso da presente pesquisa, ao analisarmos a dinâmica da violência nos estados da região nordeste do Brasil, utilizaremos a delimitação municipal, devido a disponibilidade dos dados. Mas o nível de desagregação poderia ser ainda maior, ou seja, bairros e distritos dos municípios.

A utilização da análise espacial ao nível municipal, através de mapas, onde procura-se indicar as possíveis áreas de maior ocorrência dos delitos criminais, caso utilize a taxa bruta para a contagem dos eventos, pode resultar em estimativas de difícil interpretação e, como consequência, gerar falsas conclusões. Esse problema, segundo Carvalho et. al. (2011), ocorre por dois motivos. Primeiro, ao estimar o risco de um evento raro em uma localidade onde a população é pequena, flutuações aleatórias e casuais, como a ocorrência de um único homicídio, podem resultar em variações substanciais na taxa bruta, efeito esse não verificado em localidades de grande população. Segundo, para situações em que não ocorram casos dos eventos em algumas localidades, a taxa bruta estima o risco do evento como zero, algo irreal quando trata-se de dados de crimes ou doenças.

Visando contornar esses problemas, há uma extensa literatura que desenvolve metodologias para estimar taxas corrigidas a partir dos valores observados utilizando-se de conceitos de inferência bayesiana. Entre essas metodologias, levando em conta os objetivos da pesquisa, destaca-se o estimador bayesiano empírico local que, ao estimar as taxas corrigidas para as taxas de homicídios, inclui os efeitos espaciais apenas dos vizinhos da área na qual se deseja estimar a taxa, convergindo em direção a uma média local em vez de uma média global. Essas taxas corrigidas são menos instáveis, pois levam em conta no seu cálculo não só a informação da área, mas também a informação de sua vizinhança. Mapas baseados nessas estimativas são mais adequados para análises interpretativas, evitando conclusões equivocadas e sem significância estatística.

Além desta introdução e das referências bibliográficas, o trabalho é composto por mais quatro seções. Na segunda, se discute a influência da criminalidade, representada pela taxa de homicídios, no alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Na terceira seção, são apresentados os procedimentos metodológicos, quais sejam, a definição do conceito utilizado para a taxa de homicídios, a descrição da taxa bayesiana empírica local e as análises exploratória de dados espaciais (AEDE). A quarta seção apresenta as análises empíricas e na quinta os comentários finais.

2. Homicídios e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

Na cúpula das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável, realizada entre os dias 25 e 27 de setembro na sede da ONU em Nova Iorque, foi lançada a agenda 2030, elaborada por líderes de governos de mais de 193 países, sendo composta por um conjunto ambicioso de 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que se desdobram em 169 metas. Esses objetivos foram definidos a partir de um amplo diálogo entre os estados membros da ONU, sociedade civil e o setor privado, buscando avançar sobre os resultados obtidos nos Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM), elaborado na Rio +20 e com data do cumprimento e avaliação das metas no ano de 2015.

A taxa de homicídios, como já comentado na introdução, trata-se de uma medida que demonstra o nível de violência de países e regiões, indo muito além do efeito direto sobre as vítimas ao causar um impacto secundário nas famílias, nas sociedades e nas economias. O *Estudo Global sobre Homicídios 2019*, Unodc, 2019, faz um resumo das diversas influências dos homicídios na capacidade de cidades, regiões e países cumprirem os 17 ODS. Destes objetivos, os homicídios, de diversas formas, impactam negativamente o alcance das metas delimitadas para 11 objetivos. De forma resumida, vale apenas descrever esses impactos.

Objetivo 1 – *Erradicação da pobreza, acabar com a pobreza em todas as suas formas e em todos os lugares.* Tanto em nível individual quanto nacional, a pobreza é um fator de risco associado ao crime violento. Pessoas em situação de vulnerabilidade e em condição de pobreza podem recorrer ao crime violento como forma de sobrevivência. Uma economia em retração pode resultar em investimentos reduzidos em segurança, levando com efeito secundário a queda nos valores das propriedades e a redução do crescimento. Em síntese, a violência em larga escala dificulta os esforços para a redução da pobreza.

Objetivo 3 – *Saúde e bem estar, assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos e todas em todas as idades.* A violência e os homicídios sobrecarregam os serviços de saúde pública, principalmente em países em desenvolvimento, onde os recursos já são escassos. Além disso, os homicídios representam vidas perdidas que concentram em grande parte na população de jovens.

Objetivo 4 – *Educação de qualidade, assegurar educação inclusiva, equitativa e de qualidade.* Elevadas taxas de homicídios podem ter impacto negativo da escolarização e nos resultados educacionais. A falta de acesso à escola ou a educação de baixa qualidade podem estimular a entrada em estruturas criminosas organizadas. A educação pode aumentar as oportunidades de emprego, atuando como um fator de proteção à criminalidade.

Objetivo 5 – *Igualdade de gênero, alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.* As sociedades com elevada desigualdade de gênero são mais propícias a ocorrência de violência interpessoal contra as mulheres. Níveis altos e persistentes de violência representam impedimento para o alcance da igualdade de gênero.

Objetivo 8 – *Trabalho decente e crescimento econômico, promover o crescimento econômico sustentável, com emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos e todas.* Elevada proporção de jovens fora da força de trabalho, sem educação ou treinamento, está associado a um aumento no nível de homicídios. A violência pode resultar no impedimento do crescimento econômico.

Objetivo 10 – *Redução das desigualdades, reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.* Países com altos níveis de desigualdades em várias dimensões, tais como renda, educação e acesso à serviços públicos, são mais propensos a ter taxas de homicídios mais altas.

Objetivo 11 – *Cidades e comunidades sustentáveis, tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.* As cidades podem apresentar características que aumentam a violência e algumas que reduzem os fatores de riscos. Alta densidade populacional, elevados níveis de desigualdade de renda e pobreza, potencial de anonimato e existência de grupos criminais são fatores que aumentam a violência em áreas urbanas. Por outro lado, as cidades podem fornecer proteção através de policiamento, maior acesso à saúde e educação. A junção destes fatores moldam a influência das cidades e localidades nos níveis de homicídios.

Objetivos 13 e 15 – *Ação contra a mudança global do clima e Vida terrestre, tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e proteger, recuperar e promover o uso sustentável do ecossistema.* O conflito por recursos sempre foi um dos maiores estimuladores da violência, tanto interpessoal quanto entre países. A degradação ambiental e as mudanças do clima tenderão agravar os conflitos violentos no futuro. Os efeitos das mudanças climáticas sobre a economia e a migração tendem a elevar os conflitos violentos.

Objetivo 16 – *Paz, justiça e instituições eficazes, promover sociedade pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável.* Um sistema de justiça criminal eficaz e um estado de direito justo podem prevenir a violência, promovendo a confiança nas autoridades públicas e proporcionando a coesão social. Medidas que aumentam a eficiência do sistema judicial podem diminuir a violência. Em síntese, uma baixa taxa de homicídios pode ajudar a manter instituições de justiça eficazes e justas.

Os impactos da taxa de homicídios no alcance dos ODS, citados acima, demonstram a magnitude de sua complexidade, na medida em que observa-se um círculo vicioso nesta relação. Em diversas situações, a violência em regiões e países dificulta a concretização de uma sociedade sem pobreza, com saúde e bem estar, educação de qualidade, igualdade de gênero e com instituições públicas eficazes, entre outros atributos desejáveis do desenvolvimento. Entretanto, é a falta destas características que reforçam o aumento e a perpetuação da violência. O grande desafio da política pública é quebrar essa relação viciosa, onde a falta de instituição e condições sociais reforça a violência que por sua vez inviabiliza o alcance dos ODS.

O presente trabalho tem como objetivo, a partir do conceito de homicídios, a ser descrito na seção seguinte, analisar a dinâmica territorial da taxa de homicídios nos municípios da região nordeste. Essa análise empírica, utilizando as metodologias de análise espacial, permitirá determinar as regiões mais violentas sem entrar na explicação de suas causas ou das políticas públicas adequadas para a promoção da paz social⁴.

3. Metodologia

Nesta seção, serão apresentadas a definição de homicídio utilizada no trabalho e a fonte dos dados; a abordagem da taxa bayesiana empírica local; e, finalmente, a metodologia da análise exploratória dos dados espaciais (AEDE) que, além da definição da matriz de pesos espaciais, analisa como a ocorrência dos homicídios nos municípios se distribuem e se relacionam no espaço.

3.1 Conceito de homicídio intencional e fonte de dados

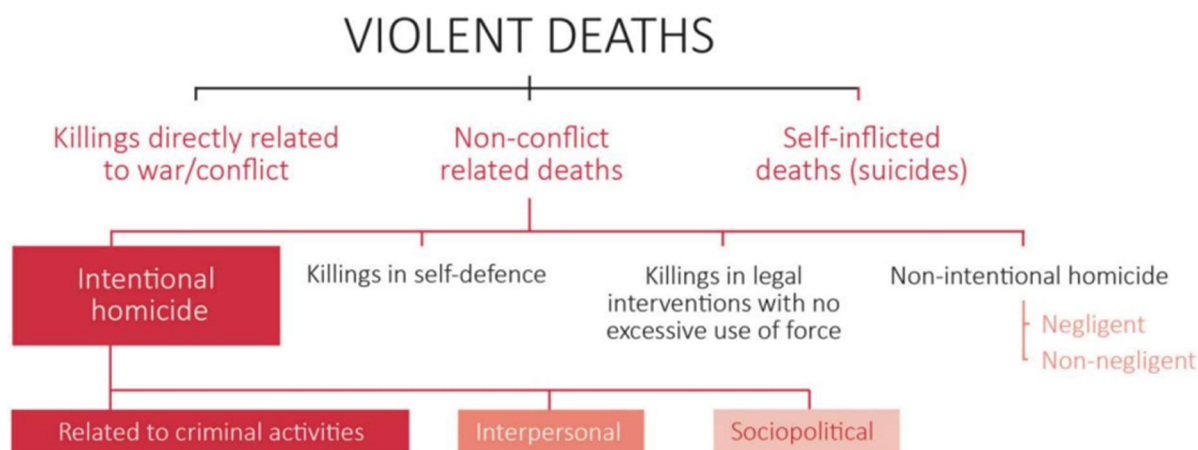
A classificação internacional de crimes para fins estatísticos, desenvolvida pela Unodc (2015), define homicídio como “a morte ilegal infligida a uma pessoa com a intenção de causar a morte ou ferimentos graves”. Esta definição apresenta três elementos que caracterizam o homicídio como

⁴ Cerqueira e Lobão (2004) demonstram a complexidade na determinação dos fatores responsáveis pela criminalidade. Os autores apresentam revisão das principais abordagens teóricas e as suas relações como vários estudos empíricos.

doloso, quais sejam, o assassinato (elemento objetivo), a intenção de ferir gravemente ou matar a vítima (elemento subjetivo) e a ilegalidade do homicídio (elemento jurídico).

Entre as várias categorias de mortes violentas, descritas no organograma da figura 1, o elemento principal do homicídio doloso é a responsabilidade total do autor o que diferencia de mortes relacionadas a guerras, mortes por intervenção legal e homicídio justificado (legítima defesa).

Figura 1 – Descrição das mortes violentas.



Fonte: UNODC, 2019.

A definição de homicídio utilizada no trabalho assume os homicídios intencionais, incorporando as mortes decorrentes de intervenção legal com o uso excessivo da força. A justificativa para essa definição leva em conta o nível de mortalidade das incursões policiais no país. Na medida em que o trabalho utiliza a taxa de homicídios como parâmetro da violência para as diversas regiões e localidades do país, incorporar as mortes por intervenção torna-se recomendável visando representar de forma mais precisa essa realidade⁵. Agora deve-se ressaltar que, se de um lado, a definição retrata de forma mais realista a violência no país, de outro, perde a comparação com outros estudos que utilizam a definição padrão.

A partir dos dados no Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) do DATASUS, os homicídios dolosos serão definidos como as vítimas de agressões por causas externas (CID 10: X85-Y09) mais as vítimas por intervenção legal em decorrência do confronto com as forças policiais (CID 10: Y35-Y36). Os dados populacionais e as características socioeconômicas dos municípios serão coletados nos Censos demográficos e no Atlas do Desenvolvimento Humano (PNUD; IPEA; FJP, 2013). Os mapas da região nordeste, com a divisão municipal, obtidos no site do IPEAGEO.

3.2 Taxa bayesiana empírica local

A abordagem bayesiana assume que o conhecimento da incerteza do real valor do risco da ocorrência de determinado evento, no caso da presente pesquisa a ocorrência dos homicídios, dentro de uma determinada região, os municípios nordestinos, pode ser representado por uma distribuição probabilística. Ou seja, os valores desconhecidos e fixos das taxas de ocorrência dos eventos seriam variações aleatórias com uma certa distribuição conjunta. Sendo assim, o objetivo da abordagem bayesiana é, a partir da observação dos dados, atualizar o conhecimento acerca das quantidades dos valores desconhecidos das taxas de ocorrências.

⁵ Kucinski, et al. (2015) abordam o tema da violência policial no Brasil e os desafios para a sua superação.

Há um método consideravelmente simples de se implementar o cálculo das estimativas bayesianas empíricas, $\hat{\theta}_i$, proposto por Marshall (1991), que não supõe nenhuma distribuição específica para os eventos, θ_i , onde:

$$\hat{\theta}_i = C_i r_i - (1 - C_i) \hat{m} \quad (1)$$

Sendo que $C_i = \frac{s^2 - \hat{m}/\bar{n}}{s^2 - \frac{\hat{m}}{\bar{n}} + \frac{\hat{m}}{n_i}}$, \hat{m} é a taxa global dos eventos, \bar{n} é número médio de pessoas em risco, n_i é número de pessoas observadas na área i , n é o número de pessoas em todas as áreas juntas, r_i é a taxa observada na área i e, finalmente $S^2 = \sum_i \frac{n_i (r_i - \hat{m})^2}{n}$

A taxa bayesiana empírica global, descrita na equação (1), trata-se, na verdade, de uma média ponderada entre a taxa bruta dos homicídios na localidade, r_i , no caso da presente pesquisa, os municípios, e a taxa bruta global dos homicídios na região, \hat{m} , nordeste do país. Sendo assim, se o município tiver uma grande população, sua taxa apresentará pequena variabilidade, permanecendo praticamente inalterada. Por outro lado, se o município tiver pequena população, a estimativa da taxa bruta apresentará grande variância e, portanto, pouco peso será atribuído a essa taxa devido a sua instabilidade, tornando a taxa bayesiana mais próxima do valor esperado da região.

A estimação bayesiana global não leva em consideração o espaço, tendo em vista que a distribuição a priori para θ_i apresenta variância e média constantes para todas as regiões. O estimador bayesiano empírico pode incorporar efeitos espaciais ao forçar que a estimativa ajustada para uma região se aproxime de uma média das “regiões vizinhas” em vez de uma média global. As “regiões vizinhas” podem ser definidas através da matriz de pesos espaciais, descrita no tópico a seguir, utilizadas nas metodologias de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). A estimativa bayesiana local é obtida a partir de uma pequena alteração do método proposto por Marshall (1991), utilizando, em vez de \hat{m} e \bar{n} , os parâmetros \hat{m}_i e \bar{n}_i , que representam, respectivamente, a taxa bruta local na vizinhança da região i e o número médio de eventos nesta vizinhança. As rotinas para o cálculo das taxas bayesianas estão disponíveis em vários pacotes estatísticos e de geoprocessamento. Na presente pesquisa utilizamos o pacote de software Geoda, que, além dos cálculos das taxas bayesianas, realiza análise de dados, autocorrelação e modelagem espaciais.

3.3 Análises exploratória de dados espaciais

As análises exploratórias de dados espaciais (AEDE) são úteis para estudar os diversos fenômenos entre regiões, entre eles a ocorrência de crimes violentos, levando-se em consideração o relacionamento e a distribuição desses eventos no espaço. Essas análises, em geral, podem diagnosticar dois efeitos distintos: dependência e heterogeneidade espaciais. A ocorrência da dependência espacial pode se manifestar através da autocorrelação. Quando positiva, na presente pesquisa, indica que os municípios que apresentam alta incidência de criminalidade violenta, são vizinhos de municípios que apresentam também elevados indicadores para de criminalidade; ou, alternativamente, os municípios com baixos indicadores são circundados também por regiões que apresentam indicadores pequenos. No caso de autocorrelação negativa observa-se o contrário, ou seja, municípios com altos indicadores com vizinhos com baixo ou, alternativamente, municípios com baixos indicadores vizinhos de municípios com altos indicadores.

Para verificar a ocorrência da dependência torna-se necessário definir a matriz de pesos espaciais (W) que expressa a estrutura espacial dos dados⁶. Na presente pesquisa, a matriz de peso espacial W será construída utilizando a ideia de contiguidade, onde dois municípios são considerados vizinhos quando compartilham uma fronteira física comum. Na matriz, quando o município i for vizinho do j, ambos recebem a notação unitária, e caso não haja rela o de vizinhança atribui-se o valor zero. Essa rela o pode ser representada da seguinte forma:

$$w_{ij} = 1 \text{ se } i \text{ e } j \text{ são contíguos} \quad (2)$$

$$w_{ij} = 0 \text{ se } i \text{ e } j \text{ não são contíguos}$$

Agora deve-se definir o que se entende por contiguidade. Dentre várias possibilidades, na presente pesquisa, em princípio, pretende-se optar pela convenço *rainha*, que considera como área contígua, além das fronteiras com extensão diferente de zero, os v rtices ou esquinas do mapa, e o nível contiguidade de segunda ordem, ou seja, a matriz   composta dos vizinhos dos vizinhos da região de interesse⁷.

Ao proceder a AEDE   recomendável o uso de variáveis espacialmente densas, ou seja, que são divididas por algum indicador de quantidade. Isso porque variáveis absolutas tendem a estar correlacionadas com a área ou popula o da região, resultando em análises viesadas (Anselin, 2003). As variáveis a serem analisadas na presente pesquisa são densas, pois as taxas bayesianas local dos eventos de criminalidade violenta são cálculos relativos ao número de habitantes nos municípios. Sendo assim, em vez da análise “superficial”, o mais indicado   obter as medidas de autocorrela o espacial global e local dos eventos de criminalidade violenta nos municípios mineiros. Para se obter essas medidas utilizam-se o método I de Moran univariado e sua versão multivariada. Para se obter as medidas de autocorrela o espacial local (LISA) utilizam-se o diagrama de dispersão de Moran e o mapa de *Cluster* em suas versões univariada e multivariada. Esses métodos serão descritos a seguir.

3.3.1. Autocorrela o espacial global univariada e multivariada

Através da estatística I de Moran se verifica a existência ou não da autocorrela o espacial. Essa estatística formaliza o grau de associa o linear entre os vetores de valores observados no tempo $t(z_t)$ e a média ponderada dos valores da vizinhança (WZ_t). Valore de I de Moran maiores (ou menores) do que o valor esperado $E(I) = -1/(n-1)$ significa que há correla o positiva (ou negativa).

Sendo que n   o número de unidades espaciais. Segundo Cliff e Ord (1981), quando a matriz de pesos espaciais   normalizada na linha, ou seja, quando os elementos de cada linha somam 1, a formaliza o da estatística I de Moran univariada pode ser expressa da seguinte forma:

$$I_t = \left(\frac{Z_t' W Z_t}{Z_t' Z_t} \right) \quad t = \{1, 2, \dots, n\} \quad (3)$$

onde Z_t   o vetor de n observa es para o ano t na forma de desvio em rela o   média. WZ_t   a matriz quadrada com n^2 elementos, na qual, como já foi descrito, cada elemento, w_{ij} representa uma medida de proximidade espacial entre a região i e a região j . Segundo essa formula o, a estatística I

⁶ Essa mesma matriz   utilizada na estima o da taxa bayesiana empírica local.

⁷ Segundo Haddad e Pimentel (2004), entre os diversos métodos para construir a matriz de pesos espaciais, os mais utilizados são o Rainha (*Queen*) e o Torre (*Rook*).

de Moran é a relação da autocovariância do tipo-produto cruzado ($Z'WZ_l$) pela variância dos dados ($Z'Z_l$).

Os valores da estatística de I de Moran variam entre -1 e 1, onde -1 representa um coeficiente de correlação linear perfeitamente negativo enquanto o valor positivo consiste em um coeficiente linear perfeitamente positivo.

Para verificar a existência de autocorrelação entre uma dada variável observada em uma região e uma outra variável em uma região vizinha, deve-se utilizar o I de Moran global multivariado. Segundo Almeida (2007), o coeficiente do I de Moran global multivariado, com a matriz W já normalizada na linha, para duas variáveis diferentes padronizadas, z_k e z_l , é representado pela seguinte equação:

$$I_{k,l} = \frac{Z'_k W Z_l}{Z'_k Z_k} \quad (4)$$

A estatística I de Moran, por ser uma medida de associação espacial global, não é capaz de revelar padrões de associação espacial local. Para analisar os padrões de associação local há duas metodologias: o diagrama de dispersão de Moran e os Indicadores Locais de Associação Espacial (*Local Indicators of Spatial Association – LISA*)

3.3.2. Diagrama de dispersão de Moran

O diagrama de dispersão de Moran univariado é o coeficiente de regressão linear de Wz em relação a z representado em um gráfico, onde a coeficiente da curva de regressão é a estatística I de Moran. O diagrama de dispersão é dividido em quatro quadrantes que correspondem às associações espaciais locais de determinada região em relação aos seus vizinhos. Segundo Almeida (2007), os quatro quadrantes são representados da seguinte forma:

- i) Alto-Alto (AA), que se localiza na parte superior direita do gráfico e representa municípios que possuem valores acima da média para uma determinada variável cercados por municípios que também possuam valores acima da média para esta variável.
- ii) Baixo-Alto (BA), que se localiza na parte superior esquerda do gráfico e representa os municípios com baixos valores para a variável de interesse, rodeados por municípios que possuem elevado valor para essa mesma variável.
- iii) Baixo-Baixo (BB), que se localiza na parte inferior esquerda do gráfico e indica municípios que possuem baixos valores para a variável em análise, cercadas por municípios de também baixo valor para a mesma variável.
- iv) Alto-Baixo (AB), localizado na parte inferior direita do gráfico representa os municípios que possuem valores acima da média para a variável de interesse, circundadas por municípios que possuem valores abaixo da média para a mesma variável.

Os municípios AA e BB apresentam padrões de associação espacial positivo, formando cluster de valores similares, enquanto os municípios AB e BA apresentam associação espacial negativa, formando cluster de valores distintos.

O diagrama de dispersão de Moran multivariado, que demonstra a associação espacial de duas variáveis diferentes, no caso z_k e z_l , segue o mesmo padrão de análise do diagrama de dispersão de Moran univariado, sendo que o eixo das ordenadas é representado por Wl , que é a variável l defasada para os vizinhos confrontada com a variável k no eixo das abscissas.

3.3.3. Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA)

Um “Local Indicators of Spatial Association (LISA)” trata-se de qualquer estatística que satisfaça a dois critérios: a) um indicador LISA deve ter, para cada observação, uma indicação de Clusters espaciais significantes de valores similares em torno da observação (regiões); b) o somatório dos indicadores LISA, para todas as regiões, deve ser proporcional ao indicador de autocorrelação espacial global (Anselin,1995). Os indicadores LISA, conforme Le Gallo e Erthur (2003), quando baseados no I de Moran local, podem ser representados pela seguinte equação:

$$I_{i,t} = \frac{(x_{i,t} - \mu_t)}{m_0} \sum_j w_{i,j} (x_{i,t} - \mu_t) \text{ com } m_0 = \frac{(x_{i,t} - \mu_t)^2}{n} \quad (5)$$

onde $x_{i,t}$ é a observação de uma variável de interesse na região i para o ano t , μ_t é a média das observações entre todas as regiões para o ano t , no qual, o somatório em relação à j é tal que somente os valores vizinhos de j são incluídos.

A estatística LISA permite medir a hipótese nula da ausência de associação espacial local. Para tanto, deve-se fazer uso de uma aleatorização condicional, que permite determinar pseudoníveis de significância estatística. Segundo Cliff e Ord (1981), para obter-se uma distribuição empírica das estatísticas de teste, deve-se observar se o valor da variável de interesse está dentro ou fora da região crítica definida. Neste caso, se o valor calculado for superior à esperança matemática do I de Moran, seus resultados serão estatisticamente significativos.

4. Análise empírica

Nesta seção, a partir das estimações das taxas bayesianas empíricas local, serão descritas, primeiramente, a dinâmica dos homicídios nos 1787 municípios da região nordeste, nos anos de 2000, 2010 e 2020. Em seguida, serão descritas as dinâmicas considerando os municípios por porte populacional e para as seis regiões metropolitanas e a região integrada de desenvolvimento de Petrolina e Juazeiro. Posteriormente serão estimadas a correlação espacial I de Moran univariada das taxas de homicídios e os mapas de Clusters espaciais univariados, “Local Indicators of Spatial Association (LISA), definindo a estrutura espacial dos homicídios na região nordeste do Brasil.

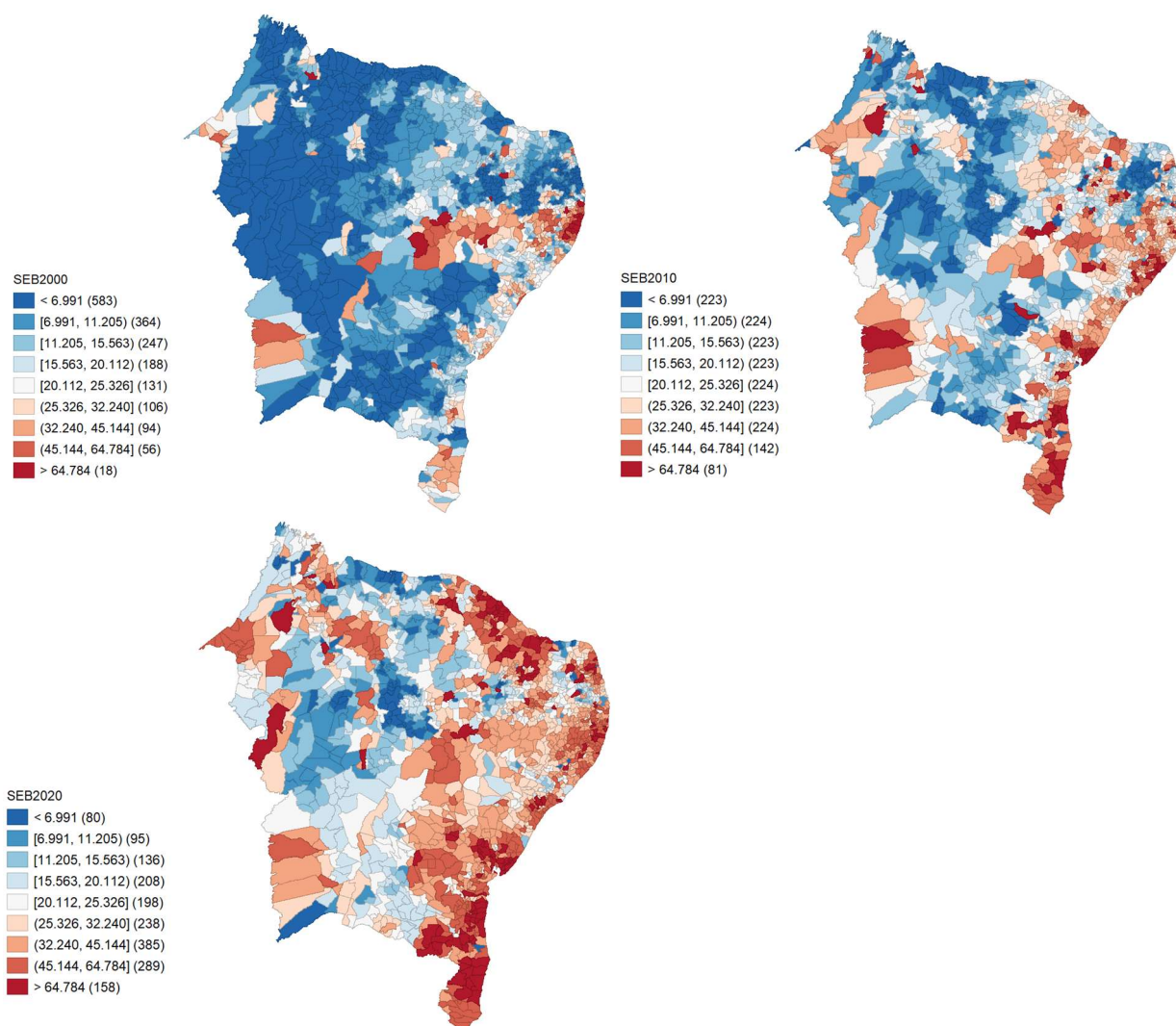
4.1 Dinâmica espacial das taxas de homicídios nos municípios da região nordeste

Antes de descrever o comportamento das taxas bayesianas empírica local dos homicídios nos municípios nordestinos nos anos de 2000, 2010 e 2020, apresentadas nos mapas da figura 1, seria importante utilizarmos como parâmetro a medida de 10 homicídios por cem mil habitantes, considerada no relatório da Unodc (2019) como uma situação de crise humanitária, para relativizarmos a situação nos municípios nordestinos.

A partir, inicialmente, de uma análise visual dos mapas da figura 1, que será aprofundada no próximo tópico utilizando os métodos estatísticos de análise espacial, e considerando os nove estratos para as taxas de homicídios será possível verificar a magnitude do crescimento da violência na região. No ano de 2000, a maioria dos municípios se concentrava nos dois menores estratos das taxas de homicídios, ou seja, do total de municípios da região, 947, representando 53%, tinham taxas menores que 11,2 homicídios. Nos três estratos superiores, 168 municípios, 9,5%, apresentaram taxas acima de 32,2 homicídios. Esses municípios se concentraram nas regiões do sertão e do São Francisco que

vão do Recife até a divisa com o estado da Bahia. A região passou a ser conhecida, na época, como o polígono da maconha⁸

Figura 1 – Mapas das taxas bayesiana empírica local dos homicídios por cem mil habitantes nos municípios nordestinos, nos anos de 2000, 2010 e 2020.



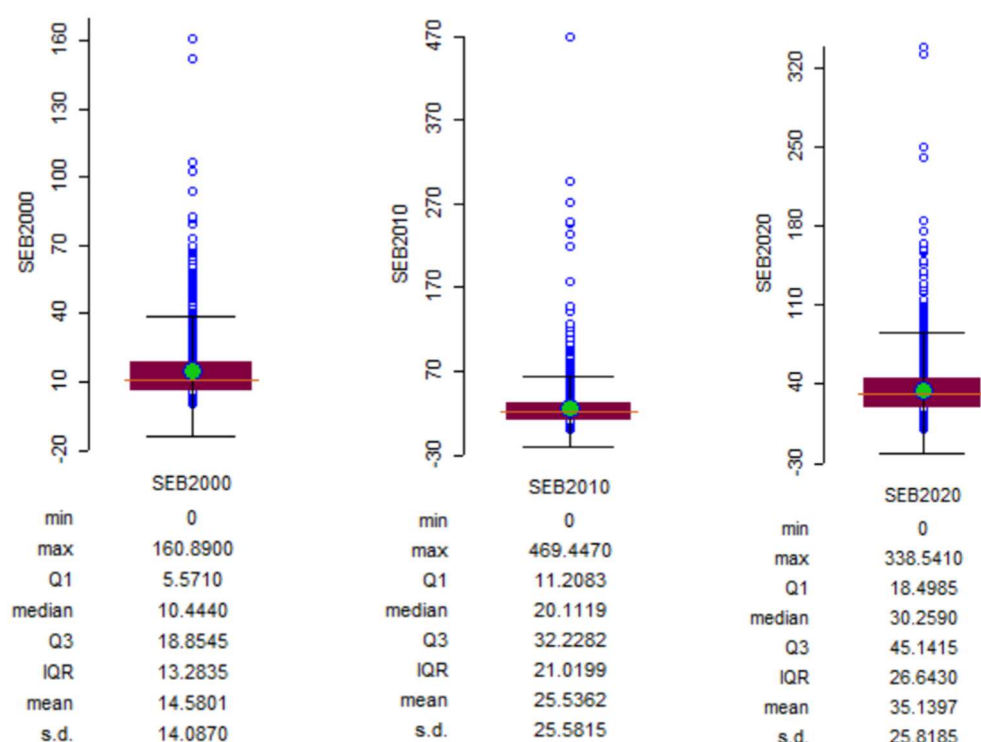
Fonte: Elaboração dos autores. As estimativas das taxas bayesianas locais para cem mil habitantes e os mapas foram desenvolvidos através do Software GEODA.

No ano de 2010, observa-se significativa mudança no nível das taxas, com elevado crescimento, e na dinâmica espacial, o espalhamento dos homicídios, concentrando-se principalmente no litoral, abaixo da região metropolitana de Recife, e no extremo oeste dos estados da Bahia e Maranhão. O número de municípios nos dois estratos inferiores das taxas de homicídios reduziu para 447, representando 25% dos municípios da região, enquanto nos estratos superiores aumentou também para 447. Verifica-se, no ano de 2020, o aprofundamento das tendências observadas na década anterior. As taxas continuam elevando, principalmente no litoral, mas alastrando para a região dos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Maranhão. O número de municípios nos três estratos superiores passa para 832, representando 47% do total, enquanto a participação das dois estratos inferiores reduz para 9,7%, ou seja, 175 municípios.

⁸ Oliveira, et al. (2009) fazem um relato sobre as condições socioeconômicas que levaram a concentração da criminalidade na região e as medidas adotadas para reverter as altas taxas de homicídios.

Outra forma de analisarmos a magnitude da elevação da violência no nordeste no período é através dos diagramas de caixa (Boxplot), descritos na figura 2, que apresentam as medidas dos quartis, mediana, amplitude e os outliers (1,5). Nos anos de 2000, 2010 e 2020, os valores do primeiro quartil, que dividem os 25% dos municípios com as menores taxas de homicídios dos restantes, aumentaram, respectivamente de 5,5, para 11,2 e 18,49. O terceiro quartil, que divide os 25% dos municípios com as maiores taxas dos restantes, elevaram, respectivamente, de 18,85, para 32,3 e 45,14. Tendo em vista que esses aumentos superaram os verificados no primeiro quartil, observou-se o aumento da amplitude interquartis (IQR). E mesmo com esse aumento, verificou-se, em todos os anos, vários municípios com as taxas de homicídios outliers, ou seja, 1,5 superior aos valores (IQR). Esse fato explica as taxas médias de homicídios superando as taxas medianas e demonstra a amplitude do aumento da violência, representada pelos homicídios, na região nordeste.

Figura 2 – Diagrama da caixa das taxas bayesiana empírica local dos homicídios por cem mil habitantes nos municípios nordestinos, 2000, 2010 e 2020.



Fonte: os cálculos, utilizando os dados da pesquisa, foram desenvolvidos no software GEODA.

A dinâmica dos homicídios pode ser analisada levando em consideração o porte populacional dos municípios e das regiões metropolitanas. Na tabela 1, observa-se, primeiramente, que 1544 municípios, representando 86,4% do total das cidades da região, apresentavam contingente populacional inferior a 25 mil ou entre 25 e 50 mil habitantes. A taxa média de homicídios para esses grupos, no ano de 2000, foi respectivamente de 12,9 e 14,3 eventos por cem mil habitantes, apresentando os menores valores em relação aos demais municípios segundo o porte populacional. Em 2020, esses grupos de municípios apresentaram as taxas médias respectivas de 32,5 e 34,6, significando crescimento de 150,8% e 140,0%, bem superior aos demais grupos. Esse processo levou a uma convergência do nível das taxas de homicídios dos municípios menores às taxas dos grandes centros, reduzindo, ao longo de tempo, as diferenças em relação aos níveis de violência. Por exemplo, nos municípios com população entre 100 a 200 mil habitantes, entre os anos de 2000 a 2020, excluindo as regiões metropolitanas, a taxa de homicídios cresceu apenas 12,2%, passando de 44,4 para 49,8 homicídios,

comportamento bem inferior ao verificado nas cidades pequenas. Como resultado, os municípios pequenos, menos de 25 mil habitantes, que em 2000 tinham as taxas médias de homicídios 71% menores que as das cidades com população entre 100 e 200 mil habitantes, em 2020, essa diferença reduz para 35%.

Tabela 1 -Taxas bayesianas empírica local dos homicídios por cem mil habitantes distribuídas por porte populacional dos municípios e regiões metropolitanas da Região Nordeste e variações percentuais entre os anos de 2000, 2010 e 2020

GRUPO DE MUNICÍPIOS POR PORTE POPULACIONAL		ANO			VARIACÃO(%)		
		2000	2010	2020	2020/2000	2010/2000	2020/2010
< 25 MIL HAB	MIN	0,00	0,00	0,00	-	-	-
	MEDIANA	12,13	17,76	27,38	125,64	46,36	54,16
	MAX	160,89	469,45	338,54	110,42	191,78	-27,89
	MEDIA	12,97	22,64	32,54	150,89	74,56	43,73
	DESVIO PADRÃO	14,11	24,54	25,10	77,82	73,90	2,25
	POPULAÇÃO(%)	30,80	28,04	25,19	-	-	-
	N. MUNICÍPIOS	1343	1314	1270	-5,44	-2,16	-3,35
DE 25 MIL A 50 MIL	MIN	0,24	1,04	2,22	825,00	333,33	113,46
	MEDIANA	10,05	22,20	32,06	219,02	120,85	44,45
	MAX	72,93	246,11	159,54	118,76	237,46	-35,18
	MEDIA	14,39	25,25	34,68	141,00	75,47	37,35
	DESVIO PADRÃO	12,89	20,05	19,76	-1,45	55,58	-1,45
	POPULAÇÃO(%)	16,24	15,30	16,10	-	-	-
	N. MUNICÍPIOS	234	242	274	17	3,42	13,22
DE 50 MIL A 100 MIL	MIN	0,00	1,88	3,39	-	-	80,32
	MEDIANA	14,58	26,60	36,24	148,55	82,45	36,23
	MAX	69,76	99,37	101,48	45,47	42,45	2,12
	MEDIA	19,14	30,46	36,51	90,75	59,14	19,86
	DESVIO PADRÃO	17,05	18,72	19,12	12,12	9,77	2,14
	POPULAÇÃO(%)	10,95	11,52	12,06	-	-	-
	N. MUNICÍPIOS	81	94	103	27,16	16,05	9,57
100 MIL A 200 MIL	MIN	0,00	5,39	11,18	-	-	107,42
	MEDIANA	19,89	41,25	47,45	138,60	107,42	15,03
	MAX	90,01	126,81	98,54	9,48	40,88	-22,29
	MEDIA	44,42	49,36	49,87	12,27	11,12	1,03
	DESVIO PADRÃO	20,80	31,89	20,75	-0,24	53,28	-34,92
	POPULAÇÃO(%)	4,71	6,01	6,25	-	-	-
	N. MUNICÍPIOS	17	24	26	52,94	41,18	8,33
> 200 MIL	MIN	0,00	0,02	0,02	-	-	0,00
	MEDIANA	28,54	55,80	55,28	93,67	95,48	-0,93
	MAX	58,36	108,80	96	64,39	86,43	-11,82
	MEDIA	32,39	63,04	54,51	68,29	94,63	-13,53
	DESVIO PADRÃO	16,88	31,87	23,62	39,96	88,81	-25,87
	POPULAÇÃO(%)	10,66	11,56	12,16	-	-	-
	N. MUNICÍPIOS	13	14	15	15,38	7,69	7,14
REGIÕES METROPOLITANAS	MIN	6,79	5,04	2,47	-63,62	-25,77	-50,99
	MEDIANA	22,35	44,50	52,57	135,22	99,08	18,15
	MAX	106,91	219,47	333,41	211,86	105,28	51,92
	MEDIA	29,16	49,39	62,11	113,00	69,38	25,75
	DESVIO PADRÃO	20,67	33,49	37,49	81,39	62,05	11,93
	POPULAÇÃO(%)	26,64	27,58	28,23	-	-	-
REGIÃO NORDESTE	MEDIA	14,05	24,72	34,06	142,41	75,94	37,78
	POPULAÇÃO(*)	47,94	53,26	57,54	20,02	11,10	8,03

Fonte: os cálculos, utilizando os dados da pesquisa, foram desenvolvidos no software GEODA. (*) População em milhões de habitantes.

O processo de convergência, verificado também em outras regiões do país⁹, só não foi mais intenso em função do comportamento dos homicídios nas regiões metropolitanas e região integrada de desenvolvimento, descritos na tabela 2.

Tabela 2 - Taxas bayesiana empírica local dos homicídios por cem mil habitantes das Metrôpoles e Região integrada de desenvolvimento e variações percentuais entre os anos de 2000, 2010 e 2020

REGIÃO METROPOLITANA		ANO			VARIACÃO(%)		
		2000	2010	2020	2020/2000	2010/2000	2020/2010
FORTALEZA	MIN	16,58	27,89	71,92	333,78	68,21	157,87
	MEDIANA	25,82	50,17	97,39	277,24	94,35	94,11
	MAX	30,45	62,01	160,93	428,51	103,65	159,52
	MEDIA	24,29	45,1	102,8	323,22	85,67	127,94
	DESVIO PADRÃO	5,12	13,77	28,54	457,75	169,16	107,22
	POPULAÇÃO(*)	6,11	6,51	6,67	-	-	-
MACEIÓ	MIN	8,40	25,97	27,21	223,74	209,04	4,76
	MEDIANA	32,81	79,72	44,23	34,80	142,97	-44,52
	MAX	45,01	110,51	53,60	19,09	145,52	-51,50
	MEDIA	30,16	76,63	42,59	41,21	154,08	-44,42
	DESVIO PADRÃO	12,37	26,00	7,15	-42,18	110,17	-72,49
	POPULAÇÃO(*)	2,20	2,30	2,34	-	-	-
NATAL	MIN	6,93	5,04	2,47	-64,41	-27,22	-51,10
	MEDIANA	15,04	24,48	55,26	267,49	62,81	125,73
	MAX	46,53	219,47	333,41	616,58	371,69	51,92
	MEDIA	19,69	39,91	74,6	278,87	102,69	86,92
	DESVIO PADRÃO	12,14	53,32	77,06	534,52	339,06	44,52
	POPULAÇÃO(*)	2,44	2,65	2,82	-	-	-
RECIFE	MIN	43,65	31,57	38,13	-12,65	-27,67	20,78
	MEDIANA	60,1	50,7	55,6	-7,47	-15,58	9,61
	MAX	106,91	86,93	97,2	-9,08	-18,69	11,81
	MEDIA	65,57	55,78	59,02	-9,99	-14,93	5,81
	DESVIO PADRÃO	18,81	17,31	16,38	-12,93	-7,97	-5,39
	POPULAÇÃO(*)	6,97	6,93	7,00	-	-	-
SALVADOR	MIN	6,79	10,03	19,63	189,10	47,72	95,71
	MEDIANA	15,72	38,56	49,16	212,70	145,29	27,48
	MAX	44,91	177,71	91,41	103,54	295,70	-48,56
	MEDIA	17,21	45,59	56,88	230,51	164,90	24,76
	DESVIO PADRÃO	8,67	34,31	22,09	154,60	295,53	-35,63
	POPULAÇÃO(*)	7,74	7,90	8,04	-	-	-
PETROLINA- JUAZEIRO*	MIN	14,26	23,77	36,55	156,28	66,67	53,76
	MEDIANA	49,82	33,98	46,15	-7,38	-31,79	35,79
	MAX	66,89	48,44	54,30	-18,83	-27,58	12,09
	MEDIA	43,77	34,53	46,23	5,62	-21,11	33,88
	DESVIO PADRÃO	20,08	7,56	6,56	-67,34	-62,36	-13,25
	POPULAÇÃO(*)	1,18	1,29	1,37	-	-	-
REGIÕES METROPOLITANAS	MEDIA	29,16	49,39	62,11	113,00	69,38	25,75
	POPULAÇÃO(*)	26,64	27,58	28,23	-	-	-

Fonte: os cálculos, utilizando os dados da pesquisa, foram desenvolvidos no software GEODA. (*) População em milhões de habitantes.

⁹ Andrade e Diniz (2013), utilizando os conceitos de inferência bayesiana, analisaram a evolução e distribuição espacial dos homicídios no Brasil ao longo das décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010 nas macrorregiões brasileiras e confirmaram, neste estudo, o crescimento das taxas nos pequenos municípios, porém a concentração permaneceu nos municípios maiores, principalmente em capitais e regiões metropolitanas.

As regiões metropolitanas, com exceção de Recife e da região integrada de Petrolina/Juazeiro, que mantiveram as altas taxas do início do período, apresentaram os maiores crescimento das taxas médias de homicídios. Fortaleza, Natal, e Salvador se depararam com a elevação das taxas, no período, em, respectivamente, 323,2%, 278,8 e 230,5%. Esse aumento ganha mais relevância tendo em vista que 28,2 milhões de habitantes da região nordeste, ou seja 49% da população, residem nestas metrópoles. Esse comportamento foi possível verificar nos mapas da figura 1 e será reforçado nas análises espaciais descritas a seguir, onde a dinâmica do crescimento dos homicídios se concentrou no litoral, mais precisamente nos municípios das regiões metropolitanas. Entretanto a forma mais adequada de analisar esse processo é utilizar os métodos de análise estatística de dados espaciais, que serão descritos na seção seguinte.

Deve-se ressaltar que a proposta de incorporar, no presente trabalho, as mortes por intervenções policiais violentas nas taxas de homicídios não apresentou resultados relevantes principalmente nos anos de 2000 e 2010. Isso se deveu em parte a grande subnotificação das ocorrências neste período, passando a verificar maiores registros apenas em 2020. Neste ano, estados como Alagoas e Bahia, registraram taxas brutas, relacionadas apenas às mortes por intervenção policial, de, respectivamente 5,6 e 4,9 mortes por cem mil habitantes. O tema, apesar da gravidade e de sua influência na violência da região, dado a disponibilidade das informações, deve ser analisado em períodos mais recentes e em regiões mais específicas, tratando-se de estudos de casos.

4.2 Análise exploratória espacial das taxas de homicídios nos municípios nordestinos

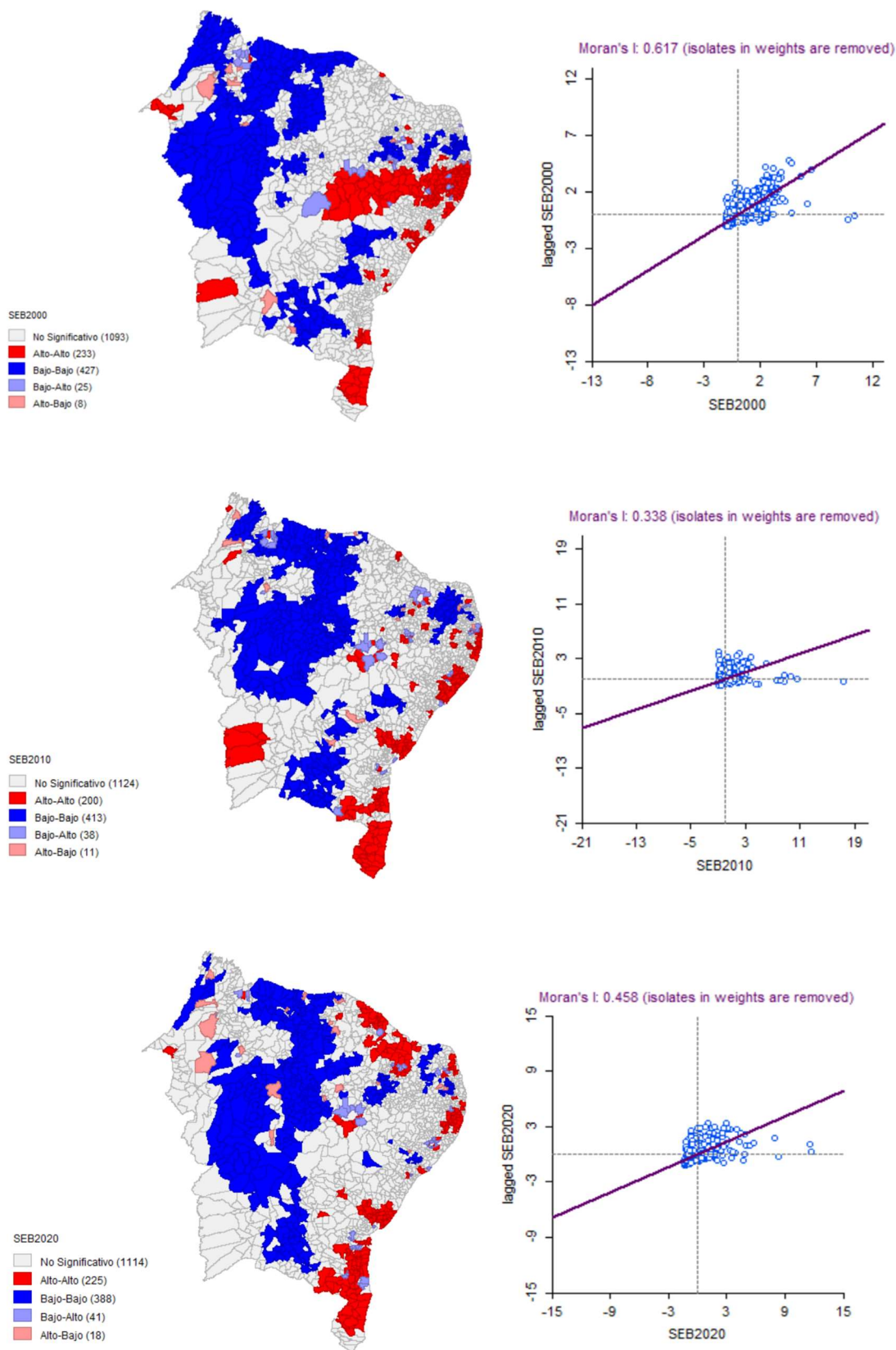
As análises exploratórias de dados espaciais (AEDE) são úteis para estudar os diversos fenômenos entre regiões, entre eles os socioeconômicos, levando-se em consideração o relacionamento e a distribuição dos dados no espaço. A forma mais simples e intuitiva de análise exploratória foi realizada no tópico anterior, através da visualização dos estratos das taxas bayesiana empírica local dos homicídios por cem mil habitantes dos municípios nordestinos, através dos mapas da figura 1. Outra possibilidade mais adequada de se analisar a estrutura espacial é a estatística I de Moran, que será utilizada para verificar a existência ou não da autocorrelação espacial das taxas de homicídios. Para analisar os padrões de associação local serão utilizadas duas metodologias: o diagrama de dispersão de Moran e os indicadores locais de associação espacial (Local Indicators of Spatial Association – LISA).

Os Mapas de Cluster LISA, os diagramas de dispersão, e as estatísticas I de Moran das taxas bayesiana empírica local dos homicídios por cem mil habitantes nos municípios nordestinos nos anos de 2000,2010 e 2020 estão descritos na figura 3. O diagrama de dispersão, além da declividade da reta de regressão da variável de interesse em relação à média dos atributos dos vizinhos, que representa a medida global de associação linear, fornece a informação de quatro tipos de associação linear espacial: Alto-Alto (AA), Baixo-Baixo (BB), Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA). O mapa de Cluster LISA ilustra essas quatro categorias de associação espacial, combinando a informação do diagrama de dispersão com o mapa de significância das medidas de associação local.

Analisando o mapa de Cluster Lisa do ano de 2000, observam-se a formação de dois grandes agrupamentos Baixo-Baixo(BB) e Alto-Alto(AA). O primeiro agrupamento, em cor azul, localiza-se em uma grande faixa no interior da região, pegando os estados do Maranhão, Piauí, parte do Ceará e algumas regiões dispersas da parte central da Bahia, totalizando 447 municípios. O segundo agrupamento, em cor vermelha, destaca a região denominada de sertão de Pernambuco, conhecida como o polígono da maconha, e o início de pequenos agrupamentos no litoral, localizados no sul da Bahia, região de ilhéus, municípios metropolitanos de Salvador e Maceió, totalizando 233 municípios. Esses dois grandes agrupamentos explicam o valor do I de Moram em 0,617, demonstrando uma alta correlação positiva, onde os municípios com alta taxa de homicídios são

vizinhos de municípios com alto nível para esse mesmo atributo e, por outro lado, os municípios com baixas taxas são vizinhos também de regiões com baixo nível de homicídios.

Figura 3 – Mapas de Cluster LISA e diagrama de dispersão das taxas bayesiana empírica local dos homicídios por cem mil habitantes nos municípios nordestinos, 2000, 2010 e 2020.



Fonte: os cálculos, utilizando os dados da pesquisa, foram desenvolvidos no software GEODA.

O mapa de Cluster do ano de 2010 apresenta uma estrutura próxima da verificada em 2000, observando um espalhamento dos agrupamentos Baixo-Baixo (BB) em direção à parte central da região e, para os agrupamentos Alto-Alto (AA) a extinção dos municípios da região sertão de Pernambuco e a intensificação da expansão dos agrupamentos no sul e extremo oeste da Bahia, região de ilhéus e nas regiões metropolitanas. O espalhamento desses dois agrupamentos resultou na redução do I de Moran para 0,338. O cluster de 2020, demonstra um aprofundamento das tendências verificadas em 2010, com os agrupamento (AA) crescendo no litoral e destacando o surgimento do cluster no interior do estado do Ceará e o crescimento do agrupamento na região metropolitana de fortaleza. Esses movimentos resultaram na elevação do I de Moran para 0,458.

5. Comentários finais

A proposta do trabalho em analisar a dinâmica territorial dos homicídios na região nordeste nas últimas duas décadas vai muito além de um simples registro que pretende criar uma ranking dos municípios mais violentos. A taxa de homicídio representa um indicador robusto dos níveis de violência para regiões e países, extrapolando o efeito direto sobre as vítimas ao causar um impacto secundário nas famílias, nas sociedades e nas economias.

Em síntese, as taxas de homicídios cresceram vertiginosamente, no período de estudo, para todos os portes de municípios, desde os pequenos, com menos de 25 mil habitantes, que representam mais da metade dos municípios da região, até as metrópoles, que concentram por volta de 49% da população do Nordeste. As regiões metropolitanas de Fortaleza, Natal, e Salvador se depararam com a elevação das taxas, no período, em, respectivamente, 323,2%, 278,8 e 230,5%. Esses eventos levaram a um espalhamento da violência na região, influenciando de forma negativa o cumprimento da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, proposta pelos estados membros da ONU, sociedade civil e o setor privado, em vários aspectos. Vale lembrar que dos 13 objetivos, segundo a UNODC, os homicídios, de diversas formas, impactam negativamente o alcance das metas delimitadas para 11 objetivos.

Esse contexto do aumento da violência no nordeste demonstra a magnitude dos desafios da sociedade brasileira, tendo em vista que os seus efeitos, além dos impactos negativos sobre o cumprimento dos desafios do desenvolvimento sustentável, reforçam as desigualdades sociais na medida em que as vítimas e os efeitos secundários recaem prioritariamente nas camadas desassistidas e vulneráveis da população, dificultando a concretização de uma sociedade sem pobreza, com saúde e bem estar, educação de qualidade, igualdade de gênero e com instituições públicas eficazes, entre outros atributos desejáveis do desenvolvimento. Entretanto, a falta destes atributos é que reforça o aumento e a perpetuação da violência. O grande desafio da política pública é quebrar essa relação viciosa, onde a inexistência de instituições e condições sociais reforça a violência que por sua vez inviabiliza o alcance do desenvolvimento.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, Eduardo Simões de. *Econometria Espacial Aplicada*. Apostila, FEA/UFJF, 2007.

ANDRADE, L. T.; DINIZ, A. M. A. A reorganização espacial dos homicídios no Brasil e a tese da interiorização, *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*. v. 30, Sup., p. S171-S191, 2013.

ANSELIN, L; SYABRI, I; SMIRNOV, O. *Visualizing multivariate spatial correlation with dynamically linked Windows*. Mimeo, University of Illinois, 2003.

ANSELIN, L. Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical analyses* 27(2), 1995.

CARVALHO, A. X. Y.; SILVA, G. D. M.; JUNIOR, G. R. A.; ALBUQUERQUE, P. H. M. Mapeamento de taxas bayesianas: com aplicação ao mapeamento de homicídios nos municípios brasileiros. Rio de Janeiro: Ipea, set. 2011. (Texto para Discussão, n. 1.662)

Cerqueira, D.; Lobão, W. Determinantes da criminalidade: arcabouços teóricos e resultados empíricos. DADOS – Revista de Ciências Sociais, Rio de Janeiro, Vol. 47, no 2, pp. 233 a 269, 2004.

CLIFF, A. D.; ORD, J. K. Spatial processes: models and applications. Pion, London, 1981.

HADDAD, E. A.; PIMENTEL, E. Análise da Distribuição Espacial da Renda no Estado de Minas Gerais: Uma Abordagem Setorial. Texto para discussão, NEREUS. São Paulo. 2004.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Atlas da violência 2019. Organizadores: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; Fórum Brasileiro de Segurança Pública, Rio de Janeiro, IPEA, 2019.

KUCINSKI, B. et al. Bala perdida: a violência policial no Brasil e os desafios para a sua superação. São Paulo, Boi Tempo, 2015.

LE GALLO, J.; ERTHUR, C. Exploratory special data analysis of the distribution of regional per capita GDP in Europe, 1980 a 2001. Papers in Regional Science, vol. 82(2) pp. 175-201, 2003.

MARSHALL, R. J. Mapping disease and mortality rates using empirical bayes estimators. Journal of the Royal Statistical Society, v. 40, p. 2, p. 283-294, 1991.

OLIVEIRA, A.; ZAVERUCHA, J.; CARVALHO, E. Polígono da Maconha: contexto socioeconômico, homicídios e atuação do Ministério Público. Coleção Segurança com Cidadania, v. 1, p. 175-194, 2009.

PNUD; IPEA; FJP. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Brasília: PNUD Brasil, 2013.

RICH, T. F. The use of computerized mapping in crime control and prevention programs. Washington, National Institute of Justice, U.S. Department of Justice, 1997.

SHERMAN, L. W. Thinking about crime prevention. In: L. Sherman, Denise Gottfredson, Doris MacKenzie, John Eck, Peter Reuter e Shawn Bushway, Preventing crime: what works, what doesn't, what's promising, Washington, National Institute of Justice, 1997.

UNODC, Estudo Global sobre Homicídios 2019. Nações Unidas, Viena, 2019.