

# DINÂMICA TERRITORIAL DA TAXA DE HOMICÍDIOS NO NORDESTE BRASILEIRO: UMA ANÁLISE PARA OS ANOS DE 2000, 2010 E 2020

Eduardo Alvares de Lima<sup>1</sup>

Luiz Eduardo de Vasconcelos Rocha<sup>2</sup>

## Área temática 2 : Demografia

**Resumo:** Neste estudo, inserido no contexto do aumento da criminalidade observado nas últimas décadas no Brasil, juntamente com as disparidades regionais, nosso objetivo é analisar a evolução e a dinâmica territorial das taxas de homicídios nos municípios da Região Nordeste durante os anos de 2000, 2010 e 2020. Para alcançar esse propósito, procedemos da seguinte forma: (i) calculamos as taxas bayesianas empíricas locais de homicídios em cada um dos 1.787 municípios nordestinos; (ii) estimamos a correlação espacial I de Moran univariada das taxas de homicídios e apresentamos os mapas de Clusters espaciais univariados, conhecidos como "Local Indicators of Spatial Association (LISA)", que nos permitem definir a estrutura espacial da criminalidade violenta na região. Esta estrutura é delineada pelos clusters espaciais, identificados como (Alto-Alto), (Baixo-Baixo), (Alto-Baixo) e (Baixo-Alto). Em 2000, dois grandes agrupamentos, Baixo-Baixo (BB) e Alto-Alto (AA), demonstraram correlação espacial, contribuindo para um alto Índice de Moran. Em 2010, esses agrupamentos se expandiram e a correlação reduziu. Em 2020, a tendência continuou, com maior expansão dos clusters AA no litoral, evidenciando um crescimento da concentração de homicídios na região costeira ao longo do tempo. Em resumo, observamos um aumento expressivo nas taxas de homicídios em todos os municípios, abrangendo desde os menores, com população inferior a 25 mil habitantes (que representam mais da metade dos municípios na região), até as regiões metropolitanas, que concentram aproximadamente 49% da população do Nordeste.

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

### 1. Introdução

A tendência de crescimento da violência letal em todo o território nacional destaca-se como um fenômeno que contrasta com a notável diversidade nos indicadores de violência observados nos estados das cinco macrorregiões do Brasil. Essa disparidade é atribuída às diferenças regionais e às especificidades individuais de cada estado, que abrangem políticas de segurança pública, infraestrutura econômica, composição demográfica e outros fatores pertinentes. Ao examinar a dinâmica das taxas de homicídio por região no Brasil, destaca-se a região Nordeste devido ao seu significativo aumento nesse indicador. No período de 2000 a 2019, a taxa de homicídios por cem mil habitantes na região, elevou-se de 19,78 para 32,71, enquanto na região Sudeste, houve uma queda de 37,43 para 12,28, conforme dados do Atlas da Violência (Ipea, 2019). Ao analisarmos esses dados desagregados por Unidade Federativa, observamos que todos os nove estados que compõem a região Nordeste apresentaram

---

<sup>1</sup> Mestrando no programa de pós graduação em Demografia no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR). E-mail: edualvalima@ufmg.br

<sup>2</sup> 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/UFESJ. Email: levrocha@ufsj.edu.br

aumentos, sendo o estado da Bahia o mais destacado, passando de uma taxa de 9,46 para 41,13 homicídios por cem mil habitantes.

Sob uma perspectiva econômica, a violência gera pelo menos três impactos significativos. No que se refere ao capital humano da sociedade, a violência o diminui por meio da perda direta de vidas e dos efeitos da insegurança na produtividade do trabalho. Em relação ao capital físico, a violência influencia o nível e a composição da produção do país, uma vez que recursos como mão-de-obra e equipamentos são destinados ao combate ao crime. Além disso, a violência também afeta a alocação eficiente de recursos, promovendo mudanças no espaço urbano e inibindo a oferta de trabalho (Rondon e Andrade, 2003).

A taxa de homicídios tem um impacto direto na qualidade de vida da sociedade, prejudicando a longevidade geral da população. De acordo com Aburto, Calazans, Queiroz et al. (2021), a mortalidade decorrente de homicídios parece compensar os benefícios alcançados em relação à expectativa de vida devido às melhorias recentes na saúde, e que esse fenômeno tem uma considerável heterogeneidade subnacional em sua extensão. Os autores também apontam que a implementação de medidas para enfrentar as origens dos homicídios tem o potencial de ampliar a expectativa de vida para níveis superiores aos já atingidos nas últimas décadas.

Esses impactos econômicos e sociais ressaltam a necessidade urgente de entender e abordar a questão da violência no país, não apenas como uma preocupação de segurança pública, mas também como um desafio complexo com amplas implicações para o bem-estar da sociedade e o progresso econômico.

A presente pesquisa, dentro desse contexto, tem como tema geral analisar a evolução e a dinâmica territorial da taxa de homicídios nos municípios dos nove estados da região nordeste do Brasil no período de 2000, 2010 e 2020.

A Região Nordeste do Brasil é composta por nove estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe), totalizando 1.787 municípios. Esses municípios são caracterizados por uma considerável heterogeneidade geográfica, cultural e econômica. Dada a vasta extensão territorial da região e as diversas diferenças políticas e institucionais entre esses Estados, este trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica espacial da criminalidade. A unidade de análise adotada são os municípios, o que possibilita a identificação das áreas com maior incidência de homicídios e a compreensão de suas características socioeconômicas.

Ao assumirmos a hipótese que as características territoriais são, entre outros fatores, um importante determinante da criminalidade e que, por consequência, a ocorrência desses delitos não é aleatoriamente distribuída no espaço, podendo apresentar dependência e heterogeneidade espacial, a presente pesquisa tem como objetivo geral analisar a evolução e a dinâmica territorial da taxa de homicídios nos municípios da região nordeste do Brasil, no período de 2000, 2010 e 2020. Para tanto, utilizaremos para quantificar a ocorrência dos homicídios a estimativa das taxas bayesianas empírica local e o instrumental metodológico da análise exploratória de dados espaciais (AEDE).

Assim, além desta introdução, o trabalho está dividido em mais quatro seções. A subsequente seção abrange uma sucinta revisão de literatura e dados que destacam o tema de pesquisa. Na terceira seção, são abordadas as metodologias utilizadas, incluindo a abordagem bayesiana, a metodologia da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e a fonte dos dados utilizados. A quarta seção se dedica aos resultados e discussões. Por fim, a quinta seção engloba as considerações finais.

## **2. Taxa de homicídios e sua relação com o espaço**

A taxa de homicídios é um indicador que vai além do simples número de vítimas, sendo um reflexo do nível de violência presente em países e regiões. Seu impacto não se restringe apenas às vítimas, estendendo-se para afetar as famílias, as comunidades e as economias de maneira secundária.

De acordo com a visão de Beato (1998), a análise da distribuição espacial da criminalidade é uma prática bem estabelecida nas ciências sociais, destacando a mudança de foco da investigação do criminoso para o local do delito. Essas abordagens espaciais têm grande importância, direcionando o olhar não somente para o "crime" de forma ampla, mas sim para os fatores que influenciam a ocorrência de tipos específicos de crimes, como homicídios, tentativas de homicídios, roubos e roubos à mão armada. Tal abordagem facilita a identificação da estrutura espacial e dos fatores associados a cada tipo de delito, aprimorando as estratégias policiais e as políticas de prevenção da criminalidade, como evidenciado por Rich (1997) e Sherman (1997).

Durante o período compreendido entre 2000 e 2019, uma análise dos dados do Atlas da Violência (Ipea, 2019) revela uma dicotomia marcante entre as taxas de homicídios nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. Enquanto a região Nordeste testemunhou um aumento substancial em sua taxa de homicídios por cem mil habitantes, passando de 19,78 para 32,71, a região Sudeste experimentou uma queda significativa de 37,43 para 12,28 no mesmo período. Uma análise mais detalhada, desagregada por Unidade Federativa, revela um padrão comum nos nove estados que compõem o Nordeste: todos apresentaram aumentos nas taxas de homicídios. Dentre eles, a Bahia se destaca, registrando um notável aumento de sua taxa de homicídios por cem mil habitantes, passando de 9,46 para 41,13. Esses dados evidenciam discrepâncias substanciais entre as regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, demonstrando variações acentuadas na evolução das taxas de homicídios ao longo dessas duas décadas.

No contexto do estudo sobre a dinâmica da violência na Região Nordeste, a delimitação municipal é adotada devido à disponibilidade dos dados. A análise espacial municipal, ao usar taxas brutas para a contagem de eventos, pode gerar estimativas de difícil interpretação e conclusões equivocadas, especialmente em áreas com baixa densidade populacional, conforme Carvalho et al. (2011) apontam.

Para contornar essas limitações, a literatura especializada desenvolve metodologias que utilizam a inferência bayesiana para corrigir e estimar taxas a partir dos dados observados. Um método destacado é o estimador bayesiano empírico local, o qual, ao estimar taxas corrigidas para crimes violentos, considera apenas os efeitos espaciais das áreas vizinhas à região de interesse, convergindo para uma média local, evitando instabilidades. Mapas gerados por essas estimativas são mais apropriados para análises interpretativas, proporcionando resultados com significância estatística.

Andrade e Diniz (2013), utilizando a inferência bayesiana, analisaram a evolução e a distribuição espacial dos homicídios no Brasil entre as décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010, explorando a tese da "interiorização" e "disseminação da violência" discutida por outros autores. Constataram um aumento das taxas em municípios menores, mantendo-se a concentração em áreas urbanas mais populosas, como capitais e regiões metropolitanas. Na Região Sudeste, houve uma redução de 48,1% nas taxas. A análise revelou uma dinâmica complexa da criminalidade, contrariando a ideia de uma disseminação generalizada, indicando influência de fatores sociais mais amplos e a formação de aglomerados.

### 3. Métodos

Nesta seção, discutiremos os seguintes tópicos: a abordagem bayesiana utilizada neste estudo; a metodologia empregada na análise exploratória dos dados espaciais (AEDE), que inclui a definição da matriz de pesos espaciais e a análise da distribuição e das relações espaciais das ocorrências de homicídios nos municípios; e, por último, abordaremos a fonte dos dados e detalharemos a definição dos delitos criminais considerados nesta pesquisa.

#### 3.1 Taxas bayesianas empírica local

A perspectiva bayesiana parte do pressuposto de que podemos modelar o conhecimento sobre a incerteza em relação ao verdadeiro risco de ocorrência de um evento específico, como no caso desta pesquisa, que se concentra na ocorrência de homicídios em municípios do Nordeste, através de uma distribuição probabilística. Isso significa que os valores que são inicialmente desconhecidos e fixos, representando as taxas de ocorrência desses eventos, são tratados como variações aleatórias sujeitas a uma distribuição conjunta específica. Dessa forma, a abordagem bayesiana visa, com base na observação dos dados, atualizar o nosso entendimento em relação às quantidades desconhecidas das taxas de ocorrência.

Segundo Marshall (1991), o cálculo para a estimativa bayesiana empírica  $\hat{\theta}_i$ , pode ser observada na equação a seguir:

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

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

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,, no caso da presente pesquisa, os municípios, e a taxa bruta global dos homicídios,  $\hat{m}$ , na região nordeste do país.

A taxa bayesiana empírica global, conforme expressa na equação (1), pode ser compreendida como uma média ponderada entre a taxa bruta de homicídios na localidade, no caso desta pesquisa, os municípios, e a taxa bruta global de homicídios ( $\hat{m}$ ) na região Nordeste do país.

Quando se considera a taxa de um evento em uma localidade em relação à taxa global da região, alguns pontos importantes surgem. Se a localidade tem uma população significativa, a sua taxa terá uma baixa variabilidade, e essa taxa permanecerá praticamente inalterada. No entanto, se a localidade tem uma população pequena, a estimativa da taxa bruta terá uma grande variação, e essa taxa instável terá um peso reduzido na taxa bayesiana. Isso torna a taxa bayesiana mais próxima do valor esperado de uma área escolhida aleatoriamente naquela região, ajudando a mitigar os efeitos de pequenas populações locais na análise estatística, tornando-se uma análise de suma importância nesta pesquisa, a vista do expressivo número de municípios presentes na região nordeste, com a população inferior a 25 mil habitantes.

### 3.2 Análise exploratória de dados espaciais

As Análises Exploratórias de Dados Espaciais (AEDE) representam uma parte crucial na compreensão de fenômenos geográficos, notadamente a incidência de crimes violentos, ao investigar a inter-relação e a dispersão espacial desses eventos. Estas análises desempenham um papel fundamental na identificação de dois fenômenos distintos: a dependência espacial e a heterogeneidade espacial.

A dependência espacial é identificada por meio da detecção de autocorrelação espacial. Quando esta autocorrelação é positiva, denota que áreas municipais com elevadas taxas de crimes violentos estão em proximidade geográfica umas das outras, ou, inversamente, que áreas com baixas taxas estão circundadas por locais com índices igualmente baixos. Em contrapartida, uma autocorrelação negativa sugere o oposto: áreas com elevadas taxas estão adjacentes a locais com baixos índices e vice-versa.

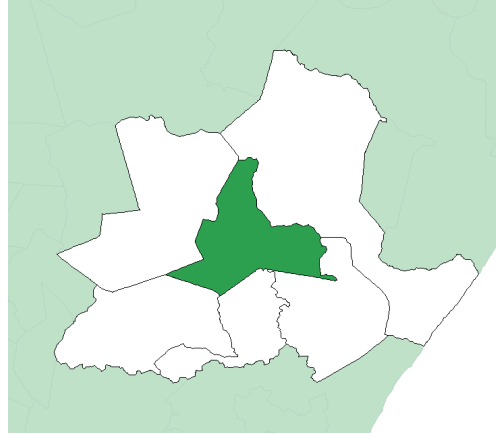
Para realizar a avaliação da dependência espacial, é essencial estabelecer a matriz de pesos espaciais ( $W$ ), que descreve a estrutura espacial dos dados. Neste estudo, a matriz de pesos espaciais  $W$  será construída com base no critério de contiguidade, onde dois municípios são considerados vizinhos se compartilham uma fronteira física. Na referida matriz, a existência de vizinhança entre dois municípios é indicada por um valor unitário, ao passo que a ausência de vizinhança é representada por zero. A relação de vizinhança pode ser expressa da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}w_{i,j} &= 1 \text{ se } i \text{ e } j \text{ são contíguos} \\w_{i,j} &= 0 \text{ se } i \text{ e } j \text{ não são contíguos}\end{aligned}\tag{2}$$

No contexto desta pesquisa, é importante definir o conceito de continuidade. Entre várias alternativas, a opção inicial é adotar a convenção "rainha". Essa convenção considera as áreas contíguas não apenas às fronteiras com extensão diferente de zero, mas também os vértices ou esquinas do mapa. Além disso, a pesquisa emprega um nível de continuidade de primeira ordem, o que significa que a matriz é composta pelos vizinhos da região de interesse. Além disso, o nível de continuidade de primeira ordem

refere-se à matriz composta pelos vizinhos diretos da região de interesse, conforme ilustrado na figura 01.

**Figura 01: Convenção de vizinhança tipo rainha em contiguidade de primeira ordem, exemplificação pela cidade de Araçás- BA.**



Fonte: Elaboração do autor através do software GEODA.

Na Análise de Espacial de Dados Exploratória (AEDE), é aconselhável utilizar variáveis que sejam espacialmente densas, ou seja, aquelas que são ajustadas em relação a alguma medida de quantidade. Isso ocorre porque as variáveis absolutas frequentemente têm correlações com a área ou população da região, o que pode levar a análises enviesadas (conforme mencionado por Anselin em 2003). Neste estudo, as variáveis a serem investigadas são consideradas densas, uma vez que as taxas bayesianas locais de crimes violentos são calculadas em relação ao número de habitantes nos municípios. Portanto, em vez de realizar uma análise superficial, é mais apropriado calcular medidas de autocorrelação espacial global e local dos crimes violentos nos municípios da região nordeste.

Para obter essas medidas, são empregados o método I de Moran univariado e sua versão multivariada. Além disso, são utilizados o diagrama de dispersão de Moran e o mapa de Cluster em suas versões univariada e multivariada para calcular as medidas de autocorrelação espacial local (LISA). Vamos agora descrever esses métodos em detalhes.

### 3.2.1 Autocorrelação espacial global

A estatística I de Moran é usada para determinar a presença de autocorrelação espacial. Ela quantifica a associação linear entre os valores observados  $t(z_i)$  e a média ponderada dos valores das regiões vizinhas  $WZt$ . Valores de I de Moran maiores (ou menores) do que o valor esperado  $E(I) = \frac{-1}{(n-1)}$  indicam correlação positiva (ou negativa) entre os dados.

Considerando que  $n$  é o número de unidades espaciais, segundo Cliff e Ord (1981), quando a matriz de pesos espaciais é normalizada por linha, ou seja, quando os

elementos de cada linha somam 1, a formalização da estatística I de Moran para uma única variável pode ser expressa da seguinte maneira:

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

em que  $Z_t$  é o vetor com  $n$  observações para o ano  $t$  expressas como desvios em relação à média,  $WZ_t$  é a matriz quadrada de  $n^2$  elementos em que, como já mencionado, cada elemento,  $W_{ij}$ , representa uma medida de proximidade espacial entre a região  $i$  e a região  $j$ . De acordo com essa formulação, a estatística I de Moran é a relação da autocovariância do tipo-produto cruzado ( $Z'_t W Z_T$ ) pela variância dos dados ( $Z'_t Z_T$ ).

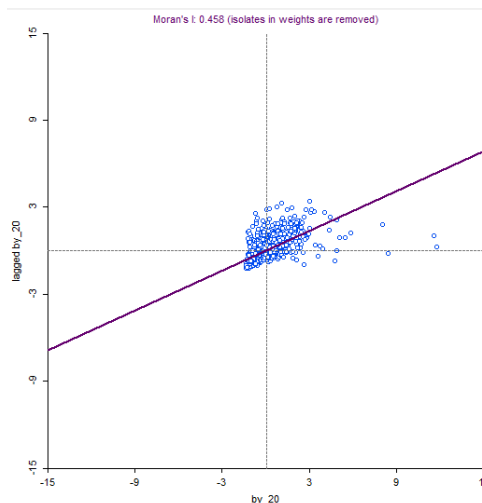
Os valores da estatística de I de Moran variam entre -1 e 1. Valores positivos do índice sugerem uma autocorrelação espacial positiva, ou seja, os valores dos atributos de um objeto tendem a ser semelhantes aos valores de seus vizinhos. Por outro lado, valores negativos do índice indicam uma autocorrelação espacial negativa, onde os valores dos atributos de um objeto tendem a ser diferentes dos valores de seus vizinhos.

A estatística I de Moran, por ser uma medida de associação espacial global, não tem a capacidade de identificar padrões de associação espacial local. Para investigar esses padrões locais, existem duas metodologias: o diagrama de dispersão de Moran e os Indicadores Locais de Associação Espacial (Local Indicators of Spatial Association - LISA).

### 3.2.2 Diagrama de dispersão de moran

O diagrama de dispersão de Moran univariado é uma representação gráfica que nos ajuda a entender as associações espaciais entre diferentes regiões em relação a uma variável específica. Ele é baseado no coeficiente de regressão linear de  $Wz$  em relação a  $z$ , onde a curva de regressão é representada pela estatística I de Moran. Este gráfico é dividido em quatro quadrantes, cada um deles descrevendo diferentes padrões de associação espacial.

**Figura 02- representação do diagrama de dispersão de moran**



Fonte: Elaboração do autor através do software GEODA

Os municípios alto-alto e baixo-baixo apresentam padrões de associação espacial positivo, formando cluster de valores similares, enquanto os municípios alto-baixo e baixo-alto apresentam associação espacial negativa, formando cluster de valores distintos.

### 3.2.3 Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA)

Um "Local Indicators of Spatial Association (LISA)" é uma ferramenta essencial em estatísticas espaciais, que, segundo Anselin (1995) tem que atender a dois critérios fundamentais:

- i) permitir a detecção de padrões de associação espacial significativos.;
- ii) referir-se à decomposição do índice de associação espacial global.

A formulação apresentada por Le Gallo e Erthur (2003) para os indicadores LISA baseados no índice I de Moran local é expressa na equação:

$$I_{i,t} = \frac{(x_{i,t} - u_t)}{m_0} \sum_j w_{ij} (x_{i,t} - u_t) \quad \text{com} \quad m_0 = \frac{(x_{i,t} - u_t)^2}{n} \quad (4)$$

onde  $x_{i,t}$  é a observação de uma variável de interesse na região  $i$  para o ano  $t$ ,  $u_t$  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 análise LISA desempenha um papel fundamental ao identificar padrões de associação espacial em conjuntos de dados geográficos. Ela possibilita a avaliação da rejeição da hipótese nula de ausência de associação espacial em nível local. Para testar essa hipótese, frequentemente emprega-se uma técnica de aleatorização condicional para gerar pseudo níveis de significância estatística. Esses pseudo níveis são então comparados com os resultados observados. Se a estatística de teste calculada for significativamente maior do que a expectativa matemática do índice I de Moran, isso sugere que os resultados são estatisticamente significativos. Indica, assim, a presença de associação espacial local, isto é, a existência de agrupamentos ou dispersões não aleatórias de valores da variável em áreas geográficas específicas.

De acordo com Cliff e Ord (1981), a obtenção da distribuição empírica das estatísticas de teste envolve verificar se o valor da variável de interesse está dentro ou fora da região crítica definida para essa análise. Quando o valor calculado da estatística de teste é consideravelmente maior do que a expectativa matemática do I de Moran, concluímos que os resultados são estatisticamente significativos. Isso sugere uma forte associação espacial local, indicando que os valores da variável estão agrupados de maneira não aleatória em áreas geográficas específicas.

### 3.2.4 Autocorrelação espacial local bivariado

Conforme descrito por Almeida (2012), da mesma forma que é possível obter um coeficiente de autocorrelação espacial global em um contexto bivariado, também é



factível alcançar uma medida de autocorrelação espacial local multivariada. Ao reconfigurar o índice de Moran local, obtemos a seguinte equação para 5:

$$I_i^{Z_1 Z_2} = Z_{1i} W Z_{2i} \quad (5)$$

$W Z_{2i}$  é a defasagem espacial da variável padronizada  $Z_{2i}$

Assim como na fórmula do cálculo do índice de Moran na equação 3, apenas os vizinhos da observação  $i$ , definidos por meio de uma matriz de pesos espaciais, são considerados no cálculo. Conforme Anselin et al. (2003, apud Almeida, 2012), essa estatística oferece uma indicação do grau de associação linear (positiva ou negativa) entre o valor de uma variável em uma determinada localização ( $i$ ) e a média de outra variável nas localizações vizinhas. É viável representar os valores da probabilidade dessa medida, estatisticamente significativos, através da geração do chamado mapa de significância bivariado do Moran local.

### 3.3 Fonte dos dados e definição dos delitos criminais

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<sup>3</sup> e as características socioeconômicas dos municípios serão coletadas nos Censos demográficos e no Atlas do Desenvolvimento Humano (PNUD; IPEA, FJP 2013). Os mapas da região nordeste, com a divisão municipal, foram obtidos no site do IPEAGEO.

## 4. Resultados e Discussões

Nesta seção, exploraremos as dinâmicas das taxas de homicídios nos 1787 municípios da região nordeste durante os anos de 2000, 2010 e 2020, com base em estimações de taxas bayesianas empíricas locais. Inicialmente, analisaremos a evolução geral dos homicídios na região ao longo desse período.

Em seguida, concentramos nossa atenção na avaliação da correlação espacial univariada, usando o índice  $I$  de Moran, aplicado às taxas de homicídios. Esse índice nos auxiliará na compreensão das relações espaciais entre os municípios e na identificação de possíveis padrões de agrupamento ou dispersão de homicídios na região nordeste.

Além disso, exploraremos a criação de mapas de clusters espaciais univariados, conhecidos como LISA. Esses mapas proporcionarão uma representação visual das estruturas espaciais subjacentes aos homicídios na região, permitindo-nos identificar áreas com concentrações significativas de eventos criminais e áreas com baixas taxas de homicídios.

Em um estágio posterior, aprofundaremos nossa análise, considerando as dinâmicas específicas dos municípios, categorizados por tamanho populacional, bem como das seis regiões metropolitanas e da região integrada de desenvolvimento de

---

<sup>3</sup> Para a coleta de dados referentes a população de 2020, foram utilizadas as estimativas populacionais feitas pelo IBGE, a vista de que os dados atualizados do censo de 2023 não estavam disponibilizados no período em questão.

Petrolina e Juazeiro. Isso nos permitirá identificar possíveis variações e particularidades nos diferentes contextos geográficos e demográficos da região.

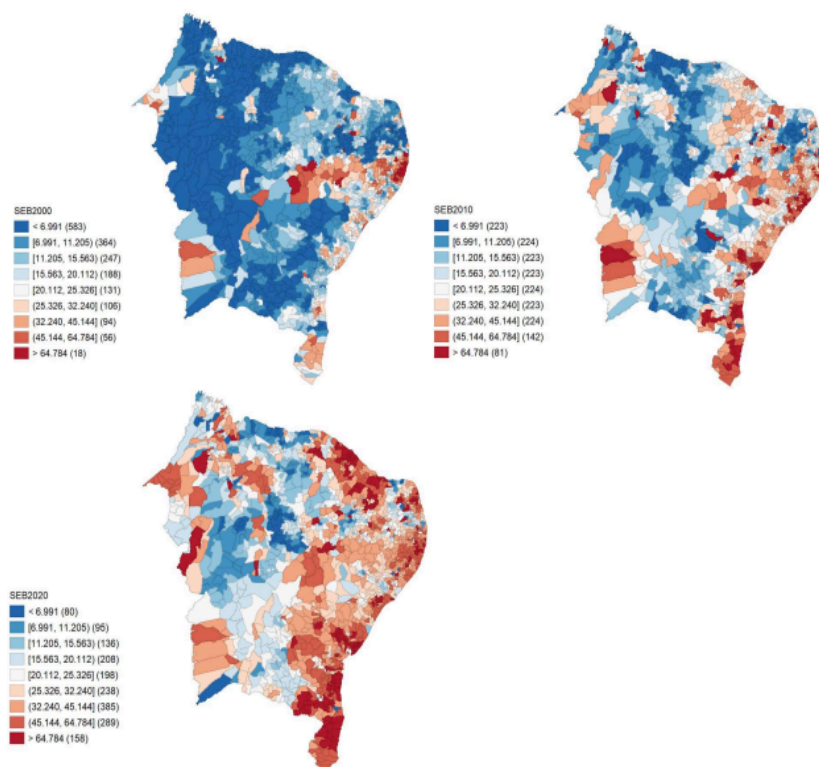
Portanto, esta seção oferecerá uma análise abrangente e minuciosa da dinâmica dos homicídios na região nordeste do Brasil, destacando tanto os aspectos gerais como as nuances específicas que caracterizam essa realidade complexa em termos geográficos e temporais.

#### **4.1 Dinâmica territorial da taxa de homicídios na região nordeste do Brasil**

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 03, 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.

Em 2000, a análise dos mapas da figura 03 revelou uma distribuição notável das taxas de homicídios na região. A maioria dos municípios estava agrupada nos dois estratos mais baixos das taxas de homicídios. Para ser mais preciso, dos municípios que compõem a região, 947, equivalentes a 53% do total, registraram taxas de homicídios inferiores a 11,2 por cem mil habitantes. Por outro lado, nos três estratos superiores, 168 municípios, o que corresponde a 9,5%, apresentaram taxas de homicídios acima de 32,2 por cem mil habitantes. Esses municípios estavam concentrados nas regiões do sertão e do São Francisco, estendendo-se desde Recife até a fronteira com o estado da Bahia. Segundo ZAVERUCHA (2009), essa área ficou conhecida na época como o "polígono da maconha", revelando um perfil específico de criminalidade na região

**Figura 03 – Mapas das taxas bayesianas empírica local dos homicídios por cem mil habitantes nos municípios nordestinos, nos anos de 2000, 2010 e 2020.**



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

Ao avançarmos para o ano de 2010, notamos uma transformação significativa nas taxas de homicídios e na sua distribuição geográfica. Houve um aumento acentuado nas taxas, e os homicídios se espalharam para novas áreas, concentrando-se principalmente no litoral, ao sul da região metropolitana de Recife, e no extremo oeste dos estados da Bahia e Maranhão. A análise revela que o número de municípios nos dois estratos mais baixos das taxas de homicídios diminuiu para 447, o que representa 25% dos municípios da região. Ao mesmo tempo, nos estratos mais altos, o número também aumentou para 447.

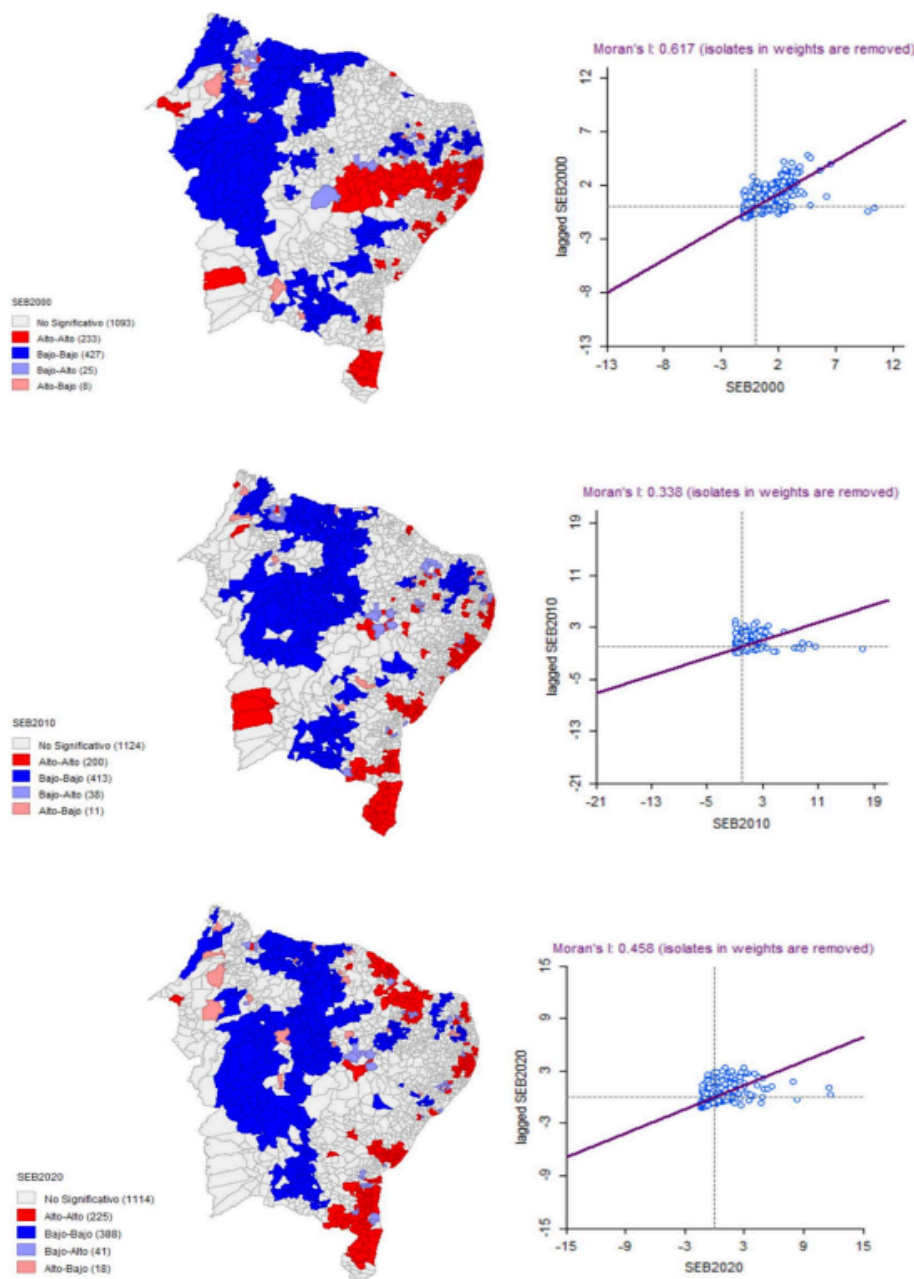
Finalmente, no ano de 2020, as tendências observadas na década anterior continuaram a se aprofundar. As taxas de homicídios mantiveram uma tendência de crescimento, especialmente no litoral, e se espalharam para a região que abrange os estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Maranhão. Nesse contexto, o número de municípios nos três estratos mais altos das taxas de homicídios aumentou para 832, o que corresponde a 47% do total de municípios na região. Em contraste, a participação dos dois estratos mais baixos diminuiu para 9,7%, representando apenas 175 municípios

## **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 03. 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 04. 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.

**Figura 04 – Mapas de Cluster LISA e diagrama de dispersão univariados das taxas bayesiana empírica local dos homicídios por cem mil habitantes nos municípios nordestinos, 2000, 2010 e 2020.**



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

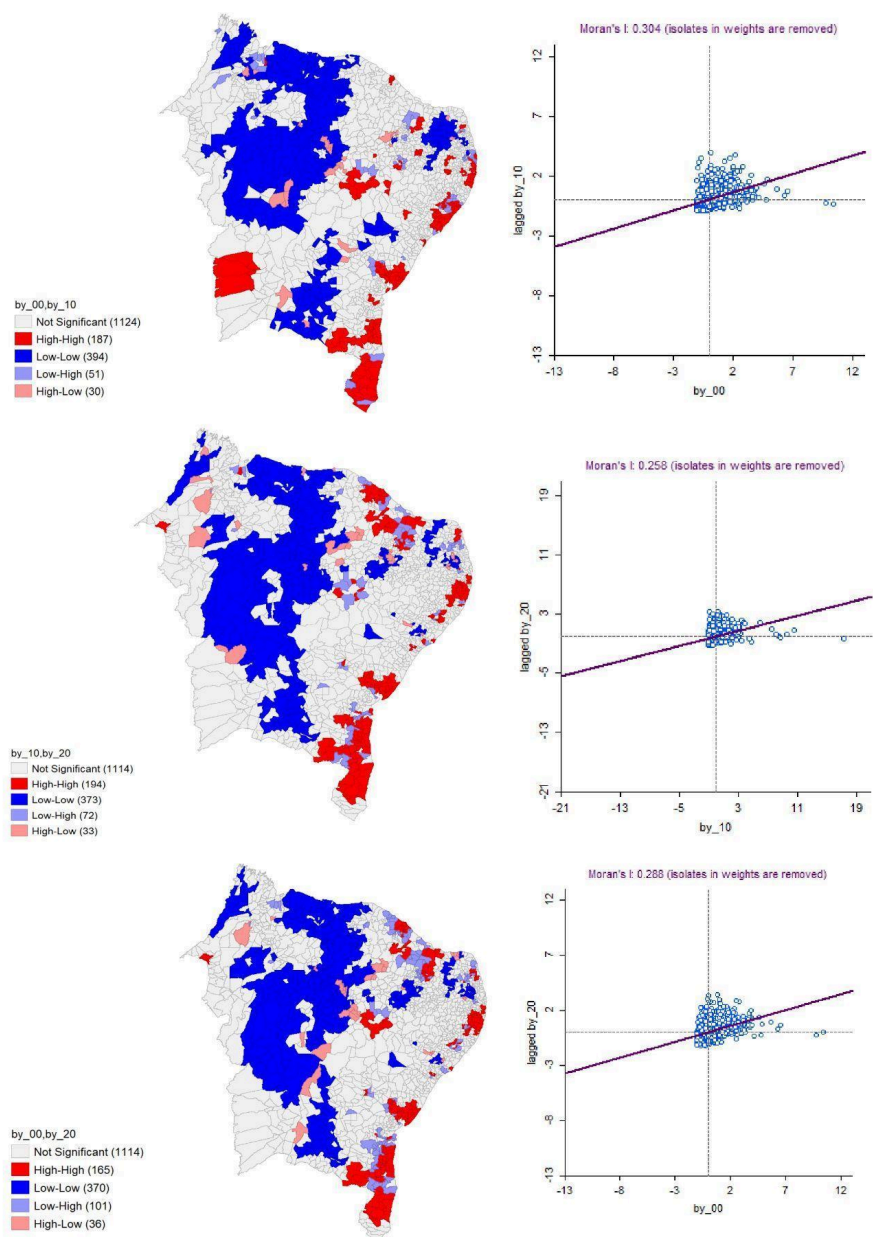
Analisando o mapa de Cluster Lisa do ano de 2000, observa-se a formação de dois grandes agrupamentos Baixo-Baixo(BB) e Alto-Alto(AA). O primeiro agrupamento, em cor azul, localiza-se em uma grande faixa no interior da região, pegando os estados do Maranhão, Piauí, parte do Ceará e algumas regiões dispersas 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 Moran 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.

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 agrupamentos (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.

A figura 05 ilustra os gráficos de dispersão, as estatísticas I de Moran Bivariadas e os mapas de clusters LISA. Diferentemente da figura 04, que explorava a relação entre os municípios em um único ano, esta representação analisa a presença de interdependência entre duas variáveis em períodos temporais distintos. Em termos simples, investiga se a taxa de um município em um ano específico está correlacionada com a taxa dos municípios vizinhos no ano seguinte.

**Figura 05 – Mapas de Cluster LISA e diagrama de dispersão bivariados das taxas bayesianas empíricas locais dos homicídios por cem mil habitantes nos municípios nordestinos, entre 2000-2010, 2010-2020 e 2000-2020.**



Fonte:Elaboração do autor. Os cálculos, utilizando os dados da pesquisa, foram desenvolvidos no software GEODA

Os mapas de clusters bivariados revelam de maneira bastante elucidativa um padrão consistente na dinâmica temporal analisada. Dentro dos agrupamentos designados como clusters AA (cor vermelha), todos os períodos de análise englobam a Região Metropolitana de Salvador, Recife, Fortaleza e o sul da Bahia, sendo possível discernir uma configuração que se destaca pela inércia nas taxas de homicídios ao longo dos períodos. A extensa faixa azul nos mapas, abrangendo a região oeste que se estende do Maranhão à Bahia e identificada como clusters BB, contrastam com a afirmação anterior, Essa observação é importante ao considerarmos os resultados corroborados pela análise univariada, conforme a figura 04.

No período de 2000 a 2020, as áreas que apresentaram um aumento significativo nas taxas de homicídios (BA), totalizando 101 municípios, compreendem principalmente as localidades nos estados do Ceará e da Bahia. Essa tendência é especialmente notável nos arredores de Fortaleza, no Ceará, e na região sul da Bahia, destacando os principais locais que experimentaram um aumento na criminalidade.

#### 4.4 Distribuição por porte de municípios

A análise da dinâmica dos homicídios pode ser realizada levando em conta o tamanho populacional dos municípios e das regiões metropolitanas. Na tabela 1, observa-se que 1544 municípios, representando 86,4% do total de cidades na região, tinham uma população inferior a 25 mil ou entre 25 mil e 50 mil habitantes. No ano de 2000, a taxa média de homicídios para esses grupos foi de 12,9 e 14,3 eventos por cem mil habitantes, apresentando os menores valores em comparação com os demais municípios, considerando o tamanho populacional

**Tabela 1 – Taxas bayesiana 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			VARIAÇÃO(%)
		2000	2010	2020	2020/2000
< 25 MIL HAB	MIN	0,00	0,00	0,00	-
	MEDIANA	12,13	17,76	27,38	125,64
	MAX	160,89	469,45	338,54	110,42
	MÉDIA	12,97	22,64	32,54	150,89
	DESVIO PADRÃO	14,11	24,54	25,10	77,82
	POPULAÇÃO(%)	30,80	28,04	25,19	-
	N. MUNICÍPIOS	1343	1314	1270	-5,44
DE 25 MIL A 50 MIL	MIN	0,24	1,04	2,22	825,00
	MEDIANA	10,05	22,20	32,06	219,02
	MAX	72,93	246,11	159,54	118,76
	MÉDIA	14,39	25,25	34,68	141,00
	DESVIO PADRÃO	12,89	20,05	19,76	-1,45
	POPULAÇÃO(%)	16,24	15,30	16,10	-
	N. MUNICÍPIOS	234	242	274	17
DE 50 MIL A 100 MIL	MIN	0,00	1,88	3,39	-
	MEDIANA	14,58	26,60	36,24	148,55
	MAX	69,76	99,37	101,48	45,47
	MÉDIA	19,14	30,46	36,51	90,75
	DESVIO PADRÃO	17,05	18,72	19,12	12,12
	POPULAÇÃO(%)	10,95	11,52	12,06	-
	N. MUNICÍPIOS	81	94	103	27,16
100 MIL A 200 MIL	MIN	0,01	5,39	11,18	111700,00
	MEDIANA	19,89	41,25	47,45	138,60
	MAX	90,01	126,81	98,54	9,48
	MÉDIA	44,42	49,36	49,87	12,27
	DESVIO PADRÃO	20,80	31,89	20,75	-0,24
	POPULAÇÃO(%)	4,71	6,01	6,25	-



	N. MUNICÍPIOS	17	24	26	52,94
> 200 MIL	MIN	0,00	0,02	0,02	-
	MEDIANA	28,54	55,80	55,28	93,67
	MAX	58,36	108,80	96	64,39
	MÉDIA	32,39	63,04	54,51	68,29
	DESVIO PADRÃO	16,88	31,87	23,62	39,96
	POPULAÇÃO(%)	10,66	11,56	12,16	-
	N. MUNICÍPIOS	13	14	15	15,38
REGIÕES METROPOLITANAS	MIN	6,79	5,04	2,47	-63,62
	MEDIANA	22,35	44,50	52,57	135,22
	MAX	106,91	219,47	333,41	211,86
	MÉDIA	29,16	49,39	62,11	113,00
	DESVIO PADRÃO	20,67	33,49	37,49	81,39
	POPULAÇÃO(%)	26,64	27,58	28,23	-
REGIÃO NORDESTE	MÉDIA	14,05	24,72	34,06	-
	POPULAÇÃO	47.941.696	53.269.743	57.541.141	20,02

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

Em 2020, esses grupos de municípios demonstraram taxas médias respectivas de 32,5 e 34,6, indicando um aumento de 150,8% e 140,0%, um incremento substancial em comparação com os demais grupos. Esse processo resultou em uma aproximação das taxas de homicídios dos municípios menores em direção às taxas dos grandes centros, diminuindo progressivamente, ao longo do tempo, as discrepâncias nos níveis de violência. Por exemplo, nos municípios com uma população entre 100 e 200 mil habitantes, excluindo as áreas metropolitanas, durante o período de 2000 a 2020, a taxa de homicídios cresceu somente 12,2%, aumentando de 44,4 para 49,8 homicídios, um comportamento consideravelmente inferior ao observado nas cidades menores. Consequentemente, os municípios menores, com menos de 25 mil habitantes, que em 2000 registraram taxas médias de homicídios 71% menores que as das cidades com população entre 100 e 200 mil habitantes, reduziram essa diferença para 35% em 2020.

## 5. CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo é analisar a evolução territorial dos homicídios na região nordeste ao longo das últimas duas décadas. O intuito é ir além da simples classificação dos municípios mais violentos. As taxas de homicídio são indicadores robustos de violência, afetando não apenas as vítimas, mas também suas famílias, comunidades e economias indiretamente.

Ao longo do período analisado, as taxas de homicídios cresceram em todos os tamanhos de municípios, desde os menores, com menos de 25 mil habitantes (os mais numerosos na região), até as grandes metrópoles, que concentram cerca da metade da população do Nordeste. As regiões metropolitanas, como Fortaleza, Natal e Salvador, testemunharam aumentos nas taxas de homicídio de 323,2%, 278,8% e 230,5%, respectivamente, nesse período.

As análises de cluster espaciais demonstraram que as regiões em que houveram uma evolução nas taxas de homicídios foram predominantemente as regiões

metropolitanas, salvo a Região sul da Bahia, que também apresentou um agrupamento de municípios com altas taxas de homicídios.

Esse cenário de crescente violência no nordeste do Brasil revela desafios significativos enfrentados pela sociedade. Os efeitos da violência exacerbam as desigualdades sociais, afetando predominantemente os estratos mais desfavorecidos e vulneráveis da população. Isso dificulta a construção de uma sociedade livre da pobreza, com saúde, educação de qualidade, igualdade de gênero e instituições públicas eficazes, fundamentais para o desenvolvimento. A ausência desses atributos reforça um ciclo prejudicial, onde a falta de instituições e condições sociais adequadas contribui para o aumento da violência, prejudicando, por sua vez, o avanço em direção ao desenvolvimento. Assim, o desafio central das políticas públicas é romper esse ciclo, para que a construção de instituições e condições sociais sólidas possa, por sua vez, contribuir para a redução da violência e o progresso rumo ao desenvolvimento.

### **Referências bibliográficas**

ABURTO, JM; CALAZANS, J; LANZA QUEIROZ, B; et al.l. Uneven state distribution of homicides in Brazil and their effect on life expectancy, 2000–2015: a cross-sectional mortality study. *BMJ Open* 2021;11:e044706. doi:10.1136/bmjopen-2020-044706

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. 18

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.