



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

JOSIELLY OLIVEIRA DA SILVA

CRIMINALIDADE NO ESTADO DE PERNAMBUCO: Uma análise exploratória
espacial entre violência, crescimento econômico e despesa em educação e cultura

RECIFE
2026

JOSIELLY OLIVEIRA DA SILVA

CRIMINALIDADE NO ESTADO DE PERNAMBUCO: Uma análise exploratória espacial entre violência, crescimento econômico e despesa em educação e cultura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Diego Firmino Costa da Silva

Recife

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

S586c Silva, Josielly Oliveira da.
Criminalidade no estado de Pernambuco: uma análise exploratória espacial entre violência, crescimento econômico e despesa em educação e cultura / Josielly Oliveira da Silva. – Recife, 2026.
45 f.; il.

Orientador(a): Diego Firmino Costa da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Ciências Econômicas, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Crime comercial. 2. Análise espacial (Estatística). 3. Crime Violento - Pernambuco. 4. Vítimas de crime violento - Pernambuco 5. Economia - Estudo e ensino. I. Silva, Diego Firmino Costa da, orient. II. Título

CDD 330

JOSIELLY OLIVEIRA DA SILVA

CRIMINALIDADE NO ESTADO DE PERNAMBUCO: Uma análise exploratória espacial entre violência, crescimento econômico e despesa em educação e cultura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Economia.

Aprovado em: 01/07/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Diego Firmino Costa da Silva (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Gisléia Benini Duarte (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Ana Cristina Guimarães Carneiro (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

*Dedico este trabalho à Elidiana,
que foi minha amiga, minha tia e minha
segunda mãe.*

*Este trabalho carrega um pouco de você
— na minha perseverança, na forma
como vejo a vida e em tudo que aprendi
ao seu lado.*

Com saudade e imenso carinho.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não foi construído apenas com dados, leituras e análises, mas também com apoio, paciência e incentivo que recebi ao longo da minha trajetória. Por isso, sou imensamente grata aos meus pais, Eliene e José Roberto, pelas oportunidades e incentivo que me permitiram chegar até aqui.

Agradeço as minhas tias Edna, Elidiana e Evania por despertarem em mim a curiosidade de descobrir o mundo e também por suas risadas contagiantes.

À Mirele, minha noiva, que foi meu apoio e incentivo durante toda essa jornada, obrigada por caminhar comigo.

Aos meus primos, Maryane e Vinícius, deixo meu agradecimento por todo o apoio e pelo privilégio de, mesmo sendo filha única, ter encontrado em vocês verdadeiros irmãos.

Agradeço ao meu amigo Luiz Victor, que começou essa jornada comigo, por estar sempre presente, por me apoiar e me alegrar em momentos de desânimo.

Por fim, agradeço ao professor Diego Firmino pela compreensão e orientação ao longo desta trajetória, bem como aos demais professores de Ciências Econômicas que compõem o quadro da UFRPE - SEDE por compartilharem seus conhecimentos e nos inspirarem como profissionais.

RESUMO

Este estudo busca investigar a criminalidade no estado de Pernambuco através da análise exploratória espacial. O foco está nas relações entre Mortes Violentas Intencionais (MVI), crescimento econômico e gastos públicos com educação e cultura entre 2019 e 2024. O estudo baseia-se na teoria econômica do crime de Becker (1968). Para metodologia, utilizou-se a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) bivariada, para identificar a autocorrelação espacial e as relações entre as variáveis analisadas. Os resultados demonstram dependência espacial na distribuição da violência. Além disso, o crescimento econômico e a despesa com educação e cultura apresentam reta de regressão positiva, permitindo entender a relação das variáveis com a violência, porém com associação limitada com a dinâmica da criminalidade.

Palavras-chave: Economia do Crime; Análise Espacial; Crimes Violentos Intencionais; Pernambuco.

ABSTRACT

This study aims to investigate crime patterns in the state of Pernambuco using exploratory spatial analysis. The focus is on the relationships between Intentional Violent Deaths (IVD), economic growth, and public expenditures on education and culture between 2019 and 2024. The study is grounded in Becker's (1968) economic theory of crime. Methodologically, a bivariate Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) was employed to identify spatial autocorrelation and examine the relationships among the analyzed variables. The results reveal the presence of spatial dependence in the distribution of violence. Furthermore, economic growth and public spending on education and culture exhibit a positive regression trend, contributing to the understanding of their relationship with violence; however, their association with the overall dynamics of crime remains limited.

Keywords: Economics of Crime; Spatial Analysis; Intentional Violent Crimes; Pernambuco.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de Dispersão de Moran	23
Figura 2 – Distribuição Espacial das Mortes Violentas Intencionais em Pernambuco no período de 2019 a 2024	32
Figura 3 – Evolução do I de Moran para MVI para o Estado de Pernambuco no período de 2019 a 2024	33
Figura 4 – Evolução dos <i>Clusters</i> de MVI para o Estado de Pernambuco no período de 2019 a 2024	34
Figura 5 – Análise bivariada comparativa entre MVI e a taxa de crescimento do PIB per capita municipal para o Estado de Pernambuco, 2019/2020-2022/2023	37
Figura 6 – Análise bivariada comparativa entre MVI e a taxa de crescimento de despesa com educação e cultura municipal para o Estado de Pernambuco, 2019/2020-2021/2022-2023/2024	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3 METODOLOGIA.....	20
3.1 ESTRATÉGIA EMPÍRICA.....	20
3.2 DADOS.....	25
4 RESULTADOS.....	28
5 CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A violência é um dos principais problemas da sociedade brasileira, sobretudo em áreas urbanas e regionais onde as desigualdades socioeconômicas são mais acentuadas, demonstrando que violência é um fenômeno social que ocorre de forma desigual entre estados e municípios. Apesar da tendência recente de redução das taxas de homicídios, o país ainda enfrenta altos níveis de criminalidade, o que reforça a necessidade de análises mais aprofundadas sobre seus determinantes (FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA, 2024).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), Pernambuco possui cerca de nove milhões de habitantes, distribuídos em 185 municípios, o que o torna um dos estados mais populosos do Nordeste. Apresenta também uma das economias mais fortes da região, com o segundo maior Produto Interno Bruto (PIB) do Norte-Nordeste e o maior PIB per capita entre os estados que a compõem. Apesar disso, o Estado ainda apresenta significativa desigualdade econômica e altos níveis de violência letal. Nesse contexto, Souza Sá (2020) demonstra que a criminalidade em Pernambuco apresenta dependência espacial, distribuição heterogênea e indícios de efeitos de transbordamento entre os municípios. Além disso, dados do Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2024) mostraram que, enquanto a taxa nacional de homicídios caiu para 3,4% em 2023, Pernambuco apresentou um aumento de 6,2%, o que o coloca entre os estados com as maiores taxas de homicídio do país com uma das maiores taxas de homicídio do ano.

Essa dinâmica é influenciada por fatores socioeconômicos e pela interação espacial entre os municípios, indicando que a criminalidade em uma região pode estar ligada a eventos que ocorrem em regiões adjacentes (Anselin *et al*, 2000). Ademais, os crimes têm consequências que vão além da segurança pública, afetando o bem-estar social e o funcionamento econômico das regiões. Embora existam muitos indicadores de violência, os homicídios costumam ser vistos como os mais preocupantes, por gerarem maior sensação de urgência e gravidade (Wallack, 1999). Para esta pesquisa, a variável utilizada para mensurar a violência foi as Mortes Violentas Intencionais (MVI), amplamente empregadas em estudos empíricos por representarem os crimes de maior gravidade.

Entre as variáveis determinantes da violência para esta pesquisa, destaca-se o crescimento econômico, frequentemente mensurado pelo Produto Interno Bruto (PIB). Dessa forma, mantendo tudo o mais constante, regiões com maior dinamismo econômico tendem a oferecer melhores oportunidades no mercado de trabalho, elevando o custo de oportunidade do crime e, conseqüentemente, reduzindo sua incidência. De maneira análoga, o desemprego e a baixa renda aumentam a atratividade da atividade ilícita como meio de subsistência (Raphael; Winter-Ebmer, 2001). Além disso, níveis elevados de criminalidade em determinada localidade tendem a desestimular investimentos, elevar os gastos com segurança pública e privada e diminuir a expansão de atividades produtivas, afetando assim o dinamismo econômico local (Shikida, 2010).

Outro fator relevante refere-se ao papel do gasto público, especialmente nas áreas de educação e cultura. Lochner e Moretti (2004) apontam que a educação atua como um importante mecanismo de prevenção da criminalidade, ao aumentar as oportunidades legais de inserção no mercado de trabalho e fortalecer normas sociais. Além disso, também demonstram, empiricamente, que o aumento da escolaridade está associado à redução da probabilidade de envolvimento em crimes violentos, destacando a educação como um importante mecanismo estrutural de prevenção.

Diante do exposto, a incorporação de técnicas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) permite identificar padrões de concentração, *clusters* e relações espaciais entre variáveis, aumentando a compreensão da dinâmica do crime (Almeida, 2012). A abordagem bivariada, em especial, permite analisar a associação espacial entre a variável de interesse — MVI — e as variáveis explicativas, como o crescimento econômico (PIB municipal) e as despesas públicas em educação e cultura de cada município.

Com base na literatura, parte-se da hipótese de que existe associação espacial entre as Mortes Violentas Intencionais (MVI), o crescimento econômico e as despesas públicas com educação e cultura nos municípios de Pernambuco, de modo que os padrões de distribuição dessas variáveis no território apresentem relação entre si.

Nesse contexto, o objetivo geral deste estudo é analisar a distribuição e a relação espacial entre Mortes Violentas Intencionais, crescimento econômico e gastos públicos com educação e cultura nos municípios de Pernambuco, de 2019 a

2024. Para tanto, busca-se: (I) identificar a distribuição espacial das Mortes Violentas Intencionais por meio do Índice Global de Moran e dos Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA); (II) analisar a relação espacial entre as Mortes Violentas Intencionais e o Produto Interno Bruto per capita municipal por meio da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) Bivariada; e (III) analisar a relação espacial entre as Mortes Violentas Intencionais e as despesas públicas com educação e cultura utilizando a AEDE Bivariada.

Logo, este trabalho está organizado da seguinte forma: este capítulo de introdução, o segundo apresenta o referencial teórico mostrando inicialmente os principais teóricos precursores na abordagem da teoria econômica do crime; em seguida, no terceiro capítulo, a metodologia, explicando a estratégia empírica da pesquisa com a aplicação da AEDE Bivariada e apresentação dos dados juntamente com a análise descritiva deles. O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos; por fim, as conclusões sobre o trabalho realizado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A análise econômica do crime ganhou maior atenção após os trabalhos de Becker (1968), que revolucionaram a forma de compreender o comportamento criminoso ao inseri-lo como objeto de estudo da teoria econômica. Antes disso, o crime era majoritariamente estudado sob a ótica sociológica. Becker (1968) argumenta que, embora ilegal, o crime deve ser visto como uma alternativa de atividade econômica, sendo o resultado de uma decisão racional em que o indivíduo pondera os custos e benefícios associados à prática criminosa. Logo, um crime será posto em prática se a utilidade esperada da atividade ilícita superar a utilidade que o indivíduo obteria ao alocar seu tempo em atividades lícitas. No entanto, não se deve levar em consideração apenas a escolha racional do agente econômico, faz-se necessário compreender quais são as outras variáveis envolvidas na tomada de decisão.

Essa perspectiva proposta por Becker serviu de base para o desenvolvimento de diversos estudos sobre os determinantes econômicos da criminalidade. Um dos primeiros trabalhos que compactua com essa abordagem é o de Fleisher (1963), que analisou o efeito do desemprego sobre a prática de crimes juvenil, encontrando uma relação positiva e significativa.

O aprimoramento do modelo desenvolvido por Becker foi introduzido por Ehrlich (1973), ao considerar explicitamente o risco de prisão na análise econômica do crime. O autor analisa a interação entre o crime e as medidas de combate ao crime por meio da polícia e do sistema judiciário. Ehrlich também leva em conta que os indivíduos distribuem seu tempo entre lazer, atividades legais e, potencialmente, atividades ilícitas, sendo que a possibilidade de encarceramento se apresenta como um fator decisivo na escolha de participar ou não da criminalidade.

Ainda segundo este autor, os indivíduos mais qualificados têm melhores oportunidades no mercado de trabalho e, conseqüentemente, um maior custo de oportunidade ao optar pelo ato criminoso. Além disso, para esses indivíduos, a punição é ainda mais custosa, pois o tempo fora do mercado de trabalho implica em graves conseqüências e dificuldades ao tentarem retornar à legalidade.

A educação tem grande participação no tocante ao comportamento criminal. Teixeira (2011) demonstrou, para o Brasil entre 2001 e 2005, que o abandono

escolar no início do ensino médio está diretamente associado ao aumento das taxas de homicídio, indicando o risco social do distanciamento educacional precoce.

Essas teorias encontram embasamento em estudos empíricos no contexto brasileiro. Andrade e Lisboa (2000), por exemplo, utilizaram modelos *logit* para analisar a taxa de homicídios entre homens de 15 a 40 anos nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, entre 1981 e 1997. Os resultados indicaram que o aumento do salário real e a redução da desigualdade de renda impactam diretamente na diminuição da criminalidade, principalmente entre os jovens, grupo mais vulnerável a optar pelo crime em função da falta de oportunidades no mercado de trabalho formal (SARAIVA; CONCEIÇÃO; FRANÇA, 2017).

De maneira análoga, Gutierrez *et al.* (2004), ao analisarem dados em painel para os estados brasileiros entre 1981 e 1995, identificaram que desigualdade de renda, desemprego e grau de urbanização possuem relação diretamente proporcional com a criminalidade, reforçando a importância dos determinantes socioeconômicos na análise do fenômeno.

Outro fator recorrente no debate é a efetividade das políticas públicas de repressão. Sachsida e Mendonça (2013) analisaram o impacto de medidas como o aumento do policiamento e do encarceramento sobre as taxas de homicídios no Brasil entre 2001 e 2009. Os resultados mostraram que essas políticas reduzem os homicídios, independentemente de outras variáveis socioeconômicas. Contudo, Maria (2012), ao analisar os gastos com segurança pública no Estado do Ceará nos anos de 2006 a 2010, com destaque para o aumento do encarceramento, verificou que, mesmo diante de elevados investimentos, não foram alcançados resultados satisfatórios na redução da criminalidade.

Todavia, os autores, Sachsida e Mendonça (2013), também identificaram o efeito inercial nas taxas de homicídio no estudo, onde um aumento de 10% nesta taxa, em um ano, acrescenta 9% da referida taxa no ano seguinte. Isto é, a violência atual influencia os índices de criminalidade futuros. Constataram, ainda, que a redução do desemprego não garante necessariamente a diminuição da criminalidade.

O fenômeno da criminalidade também apresenta forte componente espacial, como destacam Griffiths e Chavez (2004). Do mesmo modo, Anselin *et al.* (2000) destaca a importância de incorporar a dimensão territorial na análise da criminalidade, pois o fenômeno não é distribuído aleatoriamente no espaço.

Reforçando, assim, padrões de concentração territorial (*clusters*) caracterizados por vulnerabilidades sociais, baixa presença do Estado e dinâmicas econômicas informais. Para o autor, entender a criminalidade exige o reconhecimento dessas aglomerações territoriais, cujo perfil socioeconômico e estruturais criam condições favoráveis para a reprodução da violência.

No Brasil, Oliveira (2008) utilizou a econometria espacial para analisar os crimes no Rio Grande do Sul, identificando que fatores como estrutura familiar fragilizada e ineficiência educacional contribuem para o aumento da criminalidade. Já Sachsida *et al.* (2010) utilizaram o método de causalidade de Granger e encontraram evidências de que a desigualdade de renda causa criminalidade, mas não o inverso. Menezes *et al.* (2013), ao estudarem Recife, constataram que, embora a desigualdade contribua para o aumento da criminalidade, esse efeito é condicionado pelas características espaciais da vizinhança, reforçando o argumento de que "a criminalidade tem uma geografia".

Analisando especificamente o Nordeste brasileiro, Plassa, Paschoalino e Santos (2017) constataram que desigualdade de renda, densidade populacional, urbanização e analfabetismo são determinantes estatisticamente significativos das taxas de homicídios na região. Em linha semelhante, Olini *et al.* (2018), ao estudarem o Mato Grosso, identificaram que desigualdade de renda, pobreza, densidade demográfica, famílias chefiadas apenas por mulheres e proporção de jovens estão positivamente associadas à criminalidade, além de constatarem o efeito espacial dos municípios vizinhos sobre as taxas de homicídio.

Tendo em vista o que foi apresentado, compreender os fatores que influenciam a criminalidade em Pernambuco passa, necessariamente, pelo reconhecimento das diferenças sociais e territoriais existentes entre seus municípios. Considerando o cenário preocupante de crimes violentos no Estado e a forma desigual como esses crimes se distribuem no espaço, torna-se indispensável o desenvolvimento de estudos que adotem uma perspectiva geográfica. Além disso, análises espaciais que investigam a evolução dos homicídios em um período de tempo, 2019 a 2024, são fundamentais para apontar as áreas mais afetadas e, com base nisso, fornecer subsídios concretos para o planejamento de políticas públicas mais eficazes e focadas nas realidades locais.

3 METODOLOGIA

Para a análise da distribuição espacial da criminalidade no Estado de Pernambuco, consideraram-se os 184 municípios oficialmente registrados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Embora o Estado possua 185 municípios em sua divisão, optou-se pela exclusão do arquipélago de Fernando de Noronha. Esta decisão fundamenta-se em aspectos geográficos e metodológicos, uma vez que o arquipélago não apresenta continuidade territorial com os demais municípios do Estado. Como a análise espacial pressupõe a existência de relações de vizinhança entre unidades territoriais contíguas, a inclusão de Fernando de Noronha poderia gerar distorções na estrutura da matriz de vizinhança e, conseqüentemente, comprometer os resultados da análise de dependência espacial. Dessa forma, a exclusão do arquipélago permite garantir maior consistência na modelagem espacial, preservando a lógica de interação territorial entre municípios vizinhos e assegurando maior confiabilidade às estimativas obtidas ao longo da análise.

3.1 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Segundo Almeida (2012), a análise exploratória de dados espaciais tem se mostrado uma ferramenta essencial para investigar a distribuição territorial de fenômenos como a criminalidade. Sua principal contribuição está em destacar padrões de concentração geográfica, sugerir a existência de regimes espaciais diferenciados e identificar áreas que se comportam de forma atípica em relação ao contexto geral.

Conforme aponta Almeida (2012), os modelos econométricos espaciais utilizados nesse tipo de abordagem são especialmente sensíveis à presença de dependência e heterogeneidade espacial, fatores que precisam ser levados em conta com cuidado durante a análise. Ignorar essas características pode comprometer a validade estatística dos resultados.

Um dos elementos centrais da AEDE é a construção da matriz de ponderação espacial (W), que tem a função de capturar as influências que as áreas vizinhas exercem entre si. Parte-se do entendimento de que regiões próximas tendem a compartilhar dinâmicas semelhantes, ou seja, há uma interdependência espacial.

Duas formas bastantes comuns dessa matriz são a do tipo *rook*, que considera como vizinhas apenas as unidades que compartilham fronteiras, e a do tipo *queen*, que também inclui aquelas que compartilham vértices (Almeida, 2012).

Para medir a autocorrelação espacial, três componentes são fundamentais: uma medida de autocovariância, uma medida da variância dos dados e a matriz espacial. O primeiro índice amplamente aceito para esse tipo de análise foi desenvolvido por Moran (1948), sendo até hoje referência nas investigações espaciais de fenômenos sociais como os homicídios.

Conhecido como Índice I de Moran, esse coeficiente tem como principal finalidade mensurar o grau de associação espacial existente entre as unidades de análise, como mostra a seguir:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i,j} w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (1)$$

Ou matricialmente,

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{z'Wz}{z'z} \quad (2)$$

onde n é o número de regiões, z representa os valores da variável de interesse padronizada, Wz , a média de z nos vizinhos definidos de acordo com a matriz de ponderação espacial W . Um elemento dessa matriz W , que se refere às regiões i e j , é representado por w_{ij} . O termo S_0 é igual à operação $\sum \sum w_{ij}$, indicando a soma de todos elementos da matriz de pesos espaciais W que deve ser realizada. A partir disso, percebe-se que se o termo S_0 , ou seja, o duplo somatório da matriz de pesos espaciais foi normalizado na linha, resulta em n . De maneira que a equação pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$I = \frac{z'Wz}{z'z} \quad (3)$$

A estatística crítica de Moran:

$$c = \left[\frac{1}{n-1} \right] \quad (4)$$

onde n é o número de observações, seria o valor obtido se não houvesse padrão espacial nos dados, conforme demonstrado por Cliff e Ord (1981). A interpretação do Índice I de Moran está diretamente vinculada à hipótese nula de aleatoriedade espacial. Quando o valor observado do índice (c) é maior do que o valor esperado sob essa hipótese, observa-se uma autocorrelação espacial positiva, indicando que unidades com valores semelhantes, sejam altos ou baixos, tendem a estar agrupadas. Por outro lado, quando o índice (c) é menor do que o valor esperado, caracteriza-se uma autocorrelação negativa, sugerindo que áreas com valores elevados estão próximas de regiões com valores baixos e vice-versa.

A autocorrelação positiva evidencia uma tendência à concentração espacial dos dados, sendo comum encontrar regiões com altos valores cercadas por outras igualmente elevadas, assim como áreas de baixos valores próximas entre si. Já a autocorrelação negativa revela um padrão de dispersão, em que o contraste entre regiões vizinhas é acentuado.

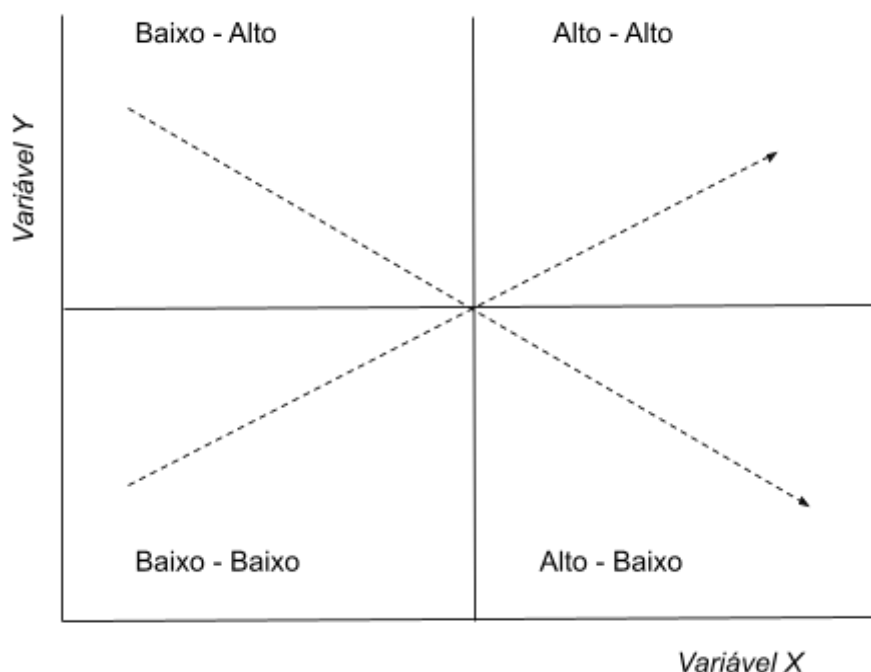
Para facilitar a visualização desses padrões, utiliza-se o Diagrama de Dispersão de Moran (**Figura 1**), uma ferramenta gráfica que permite identificar a relação entre os valores de uma variável e a média espacial de seus vizinhos. O Diagrama é construído com a variável de interesse disposta no eixo x , enquanto no eixo y são representados os valores espaciais defasados, isto é, a média ponderada dos valores da variável nos municípios vizinhos (Almeida, 2012). A reta que atravessa o gráfico é obtida por meio de uma regressão linear simples, utilizando o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

A distribuição dos dados no diagrama permite identificar quatro quadrantes distintos, conforme adaptado de Almeida (2012):

- a) quadrante I (Alto-Alto – AA): regiões com valores elevados cercadas por áreas também com altos valores;
- b) quadrante II (Baixo-Alto – BA): áreas com valores baixos, mas vizinhas de regiões com valores elevados;

- c) quadrante III (Baixo-Baixo – BB): regiões de baixo valor rodeadas por outras com valores igualmente baixos;
- d) quadrante IV (Alto-Baixo – AB): áreas com valores elevados, cercadas por vizinhos com valores baixos.

Figura 1 – Diagrama de Dispersão de Moran



Fonte: adaptado de Almeida (2012).

Com o objetivo de tornar a análise espacial mais precisa em escala local, foram desenvolvidos os chamados Indicadores LISA (*Local Indicators of Spatial Association*, Indicador Local de Associação Espacial), cuja finalidade é revelar padrões específicos de autocorrelação em áreas delimitadas. Segundo Almeida (2012), o Índice I de Moran Local constitui uma decomposição do índice global, permitindo evidenciar a contribuição individual de cada unidade territorial para o valor total da autocorrelação espacial.

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^j W_{ij} z_j \quad (5)$$

O indicador I_i considera apenas os vizinhos da observação i , definidos com base na matriz de pesos espaciais. Para que I_i seja classificado como um indicador LISA, é necessário que a soma de todos os indicadores locais corresponda ao valor do indicador global equivalente, respeitando um fator de proporcionalidade (Anselin, 1995).

Além da análise univariada, é possível calcular a autocorrelação espacial tanto global quanto local para duas variáveis distintas, sendo esta a autocorrelação bivariada. Intuitivamente, essa abordagem busca compreender se os valores de uma variável em determinada região estão espacialmente relacionados aos valores de outra variável nas regiões vizinhas (Almeida, 2012). A equação que expressa essa relação é a seguinte:

$$I^{Z_1 Z_2} = \frac{Z_1' W Z_2}{Z_1' Z_1} \quad (6)$$

Em que Z_1 representa os valores da primeira variável e Z_2 corresponde à segunda variável observada nas regiões vizinhas, sendo W a matriz de ponderação espacial.

Conforme Anselin *et al.* (2000), essa estatística mede o grau de associação linear, seja ela positiva ou negativa, entre os valores da variável Z_1 na região i e a média ponderada da variável Z_2 nas regiões vizinhas j . O Diagrama de Dispersão de Moran Bivariado apresenta a mesma estrutura do univariado, com quatro quadrantes que indicam diferentes padrões de associação espacial. A principal diferença está no eixo y , que passa a representar os valores espaciais defasados da segunda variável, e não mais da mesma variável x .

A partir dessa estrutura analítica, é possível também calcular o índice de autocorrelação espacial local bivariado, ampliando a compreensão dos padrões espaciais de duas variáveis simultaneamente. Supondo as variáveis Z_1 e Z_2 , o índice de Moran Local Bivariado pode ser representado por:

$$I_1^{Z_1 Z_2} = Z_{1i} W Z_{2i} \quad (7)$$

Assim como na análise univariada, é possível visualizar espacialmente os agrupamentos dessas duas variáveis por meio da combinação entre o Diagrama de Moran Bivariado e o mapa de significância local (LISA), resultando em um mapa de *clusters* que destaca as regiões com padrões espaciais estatisticamente significantes.

3.2 DADOS

A base de dados utilizada neste estudo é composta por informações em nível municipal para o Estado de Pernambuco, organizadas em formato de painel para o período de 2019 a 2024.

A variável utilizada para mensurar os níveis de criminalidade foram as Mortes Violentas Intencionais (MVI) disponíveis no *site* da Secretaria de Defesa Social de Pernambuco em 2025. Os registros de MVI compreendem crimes de homicídio doloso, latrocínio, feminicídio, lesão corporal seguida de morte e outros delitos que resultaram em óbito, incluindo mortes decorrentes de intervenção de agente do Estado no período.

Para a análise exploratória bivariada, utilizou-se variáveis referentes às Despesas com Educação e Cultura no período de 2019 a 2024. Esses dados foram coletados no *site* do (IpeaData, 2025), onde se encontram disponíveis e são de livre acesso. Além disso, o PIB municipal *per capita* também está incluído nesta metodologia, sendo os dados divulgados abertamente pelo (IBGE, 2026) através do *website*.

Destaca-se que as análises espaciais das variáveis monetárias foram realizadas em *cross-section*, ou seja, os municípios foram comparados apenas entre si dentro do mesmo período. Dessa forma, todas as localidades estavam sujeitas ao mesmo nível de preços daquele ano estudado. Por esse motivo, o efeito da inflação não compromete a análise bivariada, não sendo necessário deflacionar as variáveis.

Para a análise exploratória, considerou-se as diferenças de tamanho populacional entre os municípios, por isso foram construídas taxas por 100 mil habitantes das Mortes Violentas Intencionais. Em seguida, tanto as taxas de MVI quanto às variáveis socioeconômicas supracitadas foram submetidas à transformação logarítmica, com o objetivo de reduzir possíveis assimetrias na

distribuição dos dados, estabilizar a variância e minimizar a influência de valores extremos, tornando as variáveis mais adequadas para a análise espacial.

Nesta pesquisa, a AEDE Bivariada tem a finalidade de mostrar o comportamento da variável MVI a partir das variáveis Despesas com Educação e Cultura, nos 6 anos presentes de maneira comparativa (2019/2020, 2021/2022 e 2023/2024). Já o PIB municipal *per capita*, apenas em quatro momentos da série (2019/2020 e 2022/2023). Essa decisão foi adotada em função da indisponibilidade dos dados do Produto Interno Bruto referentes ao ano de 2024, que não haviam sido divulgados pelo IBGE até a conclusão deste trabalho. Como consequência, não foi possível incluir o ano de 2024 na análise bivariada da AEDE. Diante dessa limitação, optou-se por selecionar dois momentos distintos ao longo da série temporal, com o intuito de evidenciar as relações analisadas em diferentes períodos.

No que se refere à variável supracitada, Despesa com Educação e Cultura, observou-se a existência de valores faltantes. Para o tratamento dessas ausências, foi realizada a interpolação por meio da média entre o ano anterior e o ano subsequente, quando possível. Nos casos em que não havia informação para o ano posterior, repetiu-se o valor disponível do último ano observado para o respectivo município. A variável PIB, por sua vez, apresenta ausência de informações para todos os municípios no ano de 2024, por esse motivo, a análise foi restringida até o ano de 2023. A **Tabela 1**, contendo os valores das médias anuais estimadas para os municípios com observações faltantes deste estudo, encontra-se no **Apêndice A**.

Na **Tabela 2**, apresenta-se a estatística descritiva contendo as medidas de média, desvio padrão, valores mínimos e máximos para cada variável ao longo dos anos analisados. Inicialmente, a variável MVI apresenta considerável variabilidade ao longo de todo o período analisado. Em 2019, a média foi de 18.826,09 mortes, com um desvio padrão de 46.988,22, o que pode indicar que alguns municípios possuem MVI alto enquanto outros possuem baixos valores. Essa tendência continua nos anos subsequentes, particularmente em 2023 e 2024, que apresentam os maiores desvios em relação a todo período (55.395,07 e 55.464,18, respectivamente). Além disso, a presença de valores mínimos iguais a zero para todos os anos indica a existência de regiões sem mortes violentas, enquanto os valores máximos, que chegam a 627 em 2024, indicam uma alta concentração desses incidentes em certos municípios.

Em relação ao PIB, observa-se uma tendência de alta nos anos seguintes. O aumento geral, de R\$13.181,97 em 2019 para R\$19.627,19 em 2023, reflete a expansão econômica no Estado de Pernambuco. No entanto, persistem disparidades significativas dentro dessa tendência, revelando uma acentuada desigualdade na propagação da atividade econômica.

As despesas com educação e cultura apresentaram um aumento significativo durante o período analisado. O valor médio subiu de R\$390.122,25 em 2019 para R\$753.695,93 em 2024, indicando um aumento nos recursos públicos investidos nesses municípios. Contudo, tal como acontece com outras variáveis, existe um elevado grau de dispersão, com o desvio padrão aumentando ao longo do tempo, atingindo R\$1.674.814,02 em 2024. A diferença entre os valores mínimo e máximo também é significativa, indicando uma forte desigualdade no investimento entre os municípios.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas das variáveis por ano (Continua)

Ano	Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
2019	MVI	18.826,09	46.988,22	0	491
	PIB	13.181,97	13.512,05	6.198,90	123.690,00
	Desp. Educ. e Cultura	390.122,25	931.003,48	58.429,24	11.256.177,22
2020	MVI	20.684,78	52.152,77	0	561
	PIB	13.453,77	12.518,05	6.467,81	123.365,40
	Desp. Educ. e Cultura	361.904,11	867.341,18	52.661,78	10.478.195,02
2021	MVI	18.353,26	50.221,91	0	561
	PIB	15.087,65	15.936,34	6.293,67	150.647,80
	Desp. Educ. e Cultura	417.338,69	997.462,86	0	11.708.956,31
2022	MVI	18.641,30	49.169,74	0	542
	PIB	17.796,53	18.757,57	6.846,29	180.074,3

	Desp. Educ. e Cultura	567.199,87	1.230.921,68	83.651,73	14.054.886,14
2023	MVI	19.771,74	55.395,07	0	597
	PIB	19.627,19	20.028,32	7.201,70	181.663,4
	Desp. Educ. e Cultura	646.156,88	1.440.732,07	108.557,31	16.819.954,81
2024	MVI	18.771,74	55.464,18	0	627
	PIB	-	-	-	-
	Desp. Educ. e Cultura	753.695,93	1.674.814,02	108.439,82	19.650.108,52

Fonte: Elaborada pela autora (2026), com base em dados de IBGE, SDS e IPEADATA.

Nota: Os valores do PIB estão expressos em milhares de reais.

4 RESULTADOS

Para verificar a existência de autocorrelação espacial global nos indicadores de violência, foi estimada a estatística de Moran global para a variável MVI, ano a ano. Para isso, utilizou-se uma matriz de pesos espaciais baseada na contiguidade do tipo rainha (*queen*), com pesos padronizados por linha (estilo W), garantindo a uniformidade na análise entre os municípios.

No contexto deste estudo, valores de $I > 0$ indicam a existência de agrupamento espacial, ou seja, sugerem que municípios vizinhos tendem a apresentar níveis semelhantes da variável analisada. Por outro lado, valores de $I < 0$ apontam para um padrão de dispersão espacial, caracterizado pela proximidade entre municípios com valores distintos. O teste associado tem como objetivo verificar a significância estatística dessa autocorrelação espacial, permitindo avaliar se o padrão observado é diferente daquele que seria esperado sob ausência de dependência espacial.

A **Tabela 3** apresenta os resultados do índice de Moran global para Morte Violenta Intencional no período de 2019 a 2024 utilizando a variável em valor absoluto.

Tabela 3 – Moran global para MVI (em nível) por ano

Ano	Moran I	p -valor
2019	0,247	$3,09 \times 10^{-8}$
2020	0,214	$1,27 \times 10^{-6}$
2021	0,154	$3,12 \times 10^{-4}$
2022	0,264	$3,30 \times 10^{-9}$
2023	0,185	$2,31 \times 10^{-5}$
2024	0,127	$2,27 \times 10^{-3}$

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Observa-se a presença de autocorrelação espacial global positiva e estatisticamente significativa ao nível de 5%¹ em todos os anos analisados. Embora a intensidade dessa dependência espacial varie ao longo do período, os valores do Moran I permanecem sempre positivos, situando-se aproximadamente entre 0,12 e 0,26. Isso indica que municípios com altas taxas de MVI tendem a estar espacialmente próximos de outros municípios também com altos níveis de violência, assim como áreas com baixos índices tendem a se agrupar entre si. Logo, a violência letal não está distribuída aleatoriamente no espaço, mas sim organizada em padrões territoriais bem definidos.

Esses resultados atendem diretamente ao objetivo de identificar a presença de autocorrelação espacial global na variável MVI. Em termos substantivos, os achados indicam que a violência, quando analisada em nível, não se distribui de forma aleatória no espaço, mas apresenta uma clara organização territorial. De maneira geral, esses resultados sugerem a presença de fatores regionais compartilhados, bem como a possível existência de mecanismos de transbordamento espacial entre municípios vizinhos. Esse cenário reforça a pertinência de aprofundar a análise por meio de instrumentos da AEDE.

Referente a Análise Exploratória de Dados Espaciais, o Moran global para MVI mostrou-se positivo e estatisticamente significativo em todos os anos analisados. A **Tabela 4** apresenta os valores estimados para a variável em logaritmo.

Os resultados de Moran I indicam que, mesmo após a transformação da variável em taxa e em logaritmo, permanece evidência de autocorrelação espacial global positiva para tal, além da significância estatística com p -valor em nível, também tem-se a estatística Z^2 significativamente elevada. Ao observar a evolução ao longo do tempo, nota-se que a intensidade da autocorrelação espacial não é constante. Em 2019 (0,2474) e 2022 (0,2641), os valores são mais elevados, indicando momentos de maior concentração espacial da violência. Por outro lado,

¹ Neste estudo, adotou-se o nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), convencionalmente utilizado em testes de hipóteses. Assim, valores de p inferiores a 0,05 indicam evidências estatísticas suficientes para rejeitar a hipótese nula de ausência de autocorrelação espacial (GUJARATI; PORTER, 2011).

² Representa o número de desvios-padrão que o valor observado se encontra afastado do valor esperado sob a hipótese nula, sendo utilizada para avaliar a significância estatística do Índice de Moran (GUJARATI; PORTER, 2011). No contexto da AEDE, essa estatística auxilia na verificação da significância da autocorrelação espacial (ALMEIDA, 2012).

em 2021 (0,1537), observa-se uma redução na intensidade desse padrão, sugerindo uma relativa dispersão espacial da MVI naquele período.

Tabela 4 – Moran Global (AEDE) para MVI por ano

Ano	<i>p</i> -valor	Moran I	<i>z</i>
2019	$3,08 \times 10^{-8}$	0,2474	5,4118
2020	$1,27 \times 10^{-6}$	0,2141	4,7046
2021	$3,11 \times 10^{-4}$	0,1537	3,4212
2022	$3,30 \times 10^{-9}$	0,2641	5,8007
2023	$2,31 \times 10^{-5}$	0,1846	4,0741
2024	$2,27 \times 10^{-3}$	0,1267	2,8461

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

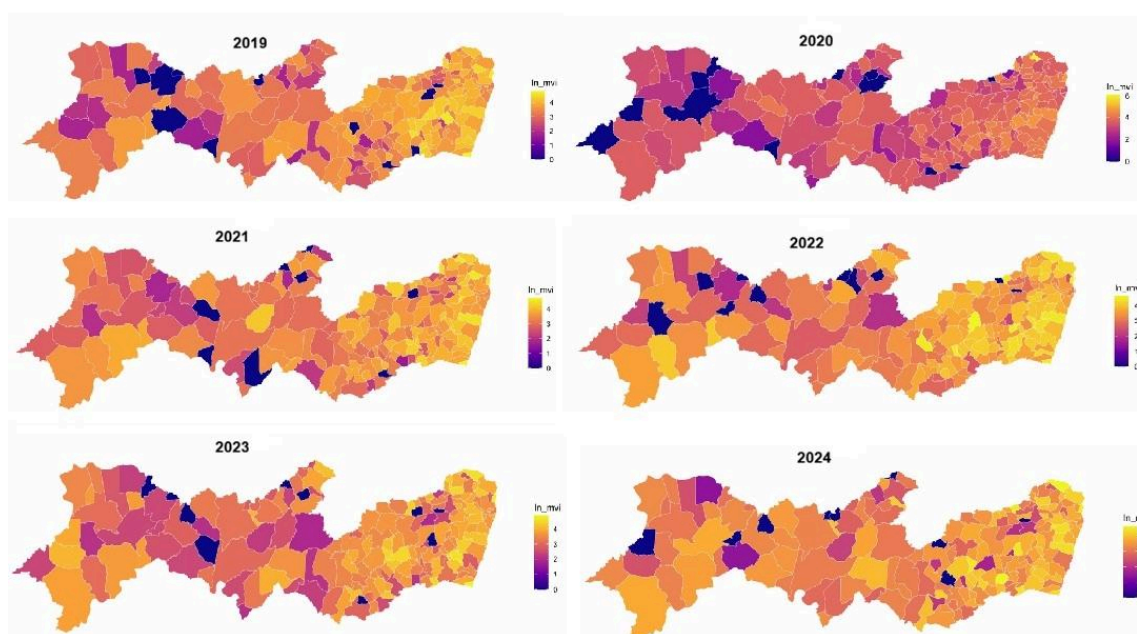
Nos anos subsequentes, há uma retomada de níveis moderados de autocorrelação (2023), o que indica que, embora a intensidade varie, a dependência espacial permanece presente ao longo de todo o período analisado. Com isso, os resultados apontam que a dependência espacial permanece presente, ainda que com intensidade mais moderada quando comparada com MVI em nível a variável logarítmica.

Inicialmente, observa-se a distribuição espacial logarítmica de MVI no Estado de Pernambuco de 2019 a 2024 na **Figura 2**. Nesse caso, as cores mais quentes indicam os municípios com as maiores taxas de violência, bem como as áreas mais escuras e/ou frias são as menos violentas. É perceptível, já nesse momento, que as regiões com tonalidades parecidas estão mais próximas.

Contudo, Almeida (2012), chama atenção para as limitações desse tipo de análise quando baseada exclusivamente na percepção visual, uma vez que pode introduzir vieses interpretativos. Diante disso, emprega-se a metodologia de Análise Exploratória de Dados Espaciais, com o objetivo de verificar a existência de autocorrelação espacial e identificar possíveis interações entre municípios vizinhos.

A **Figura 3** apresenta os diagramas de dispersão de Moran, assim como o índice para a variável MVI entre os anos de 2019 e 2024, permitindo avaliar a presença e a intensidade da autocorrelação espacial ao longo do tempo.

Figura 2 – Distribuição Espacial das Mortes Violentas Intencionais em Pernambuco no período de 2019 a 2024



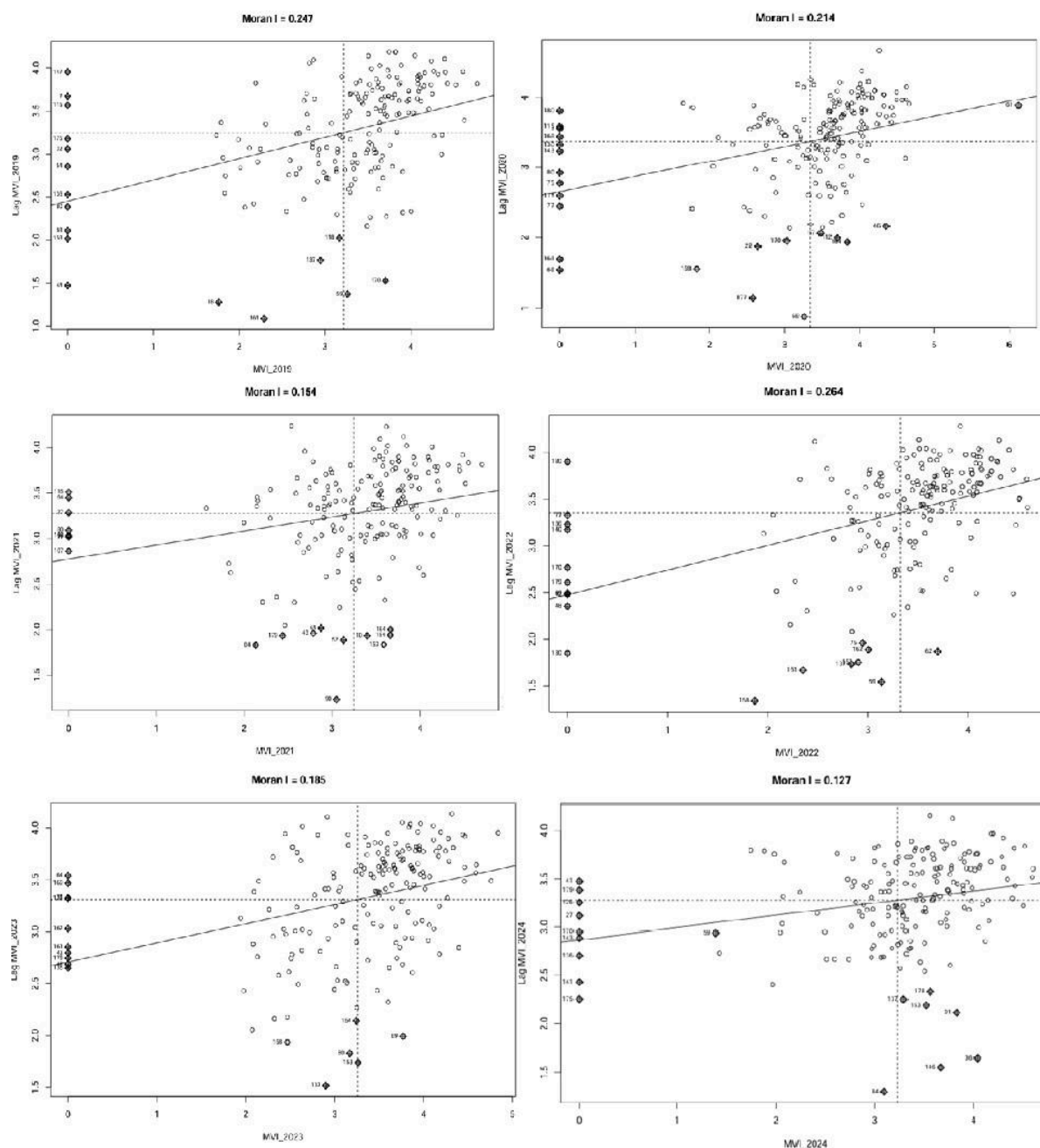
Fonte: Elaborada pela autora (2026), com auxílio do software R.

Em todos os anos analisados observa-se uma inclinação positiva da reta de regressão, o que indica a existência de dependência espacial positiva entre os municípios de Pernambuco. O ano de 2019 apresenta um dos maiores valores de Moran da série, evidenciando uma autocorrelação espacial moderada. O diagrama de dispersão mostra uma concentração relevante de observações no quadrante superior direito (Alto-Alto) e inferior esquerdo (Baixo-Baixo), indicando que municípios com altas taxas de MVI tendem a estar próximos de outros igualmente violentos. Esse padrão sugere a formação de *clusters* espaciais bem definidos, especialmente em áreas mais críticas do Estado.

É válido ressaltar que a transição entre 2020 e 2021 o índice I sofreu redução, chegando a 2021 com menor intensidade de autocorrelação observado no período inteiro (0,154). Esse comportamento pode estar associado à pandemia do COVID-19

especialmente nos anos supracitados. Nesse contexto, é possível que a influência entre municípios vizinhos tenha sido reduzida, uma vez que a interação social deixou de ocorrer nos padrões habituais, em função das medidas de restrição adotadas para o controle da pandemia, conforme orientações da OMS e do governo estadual.

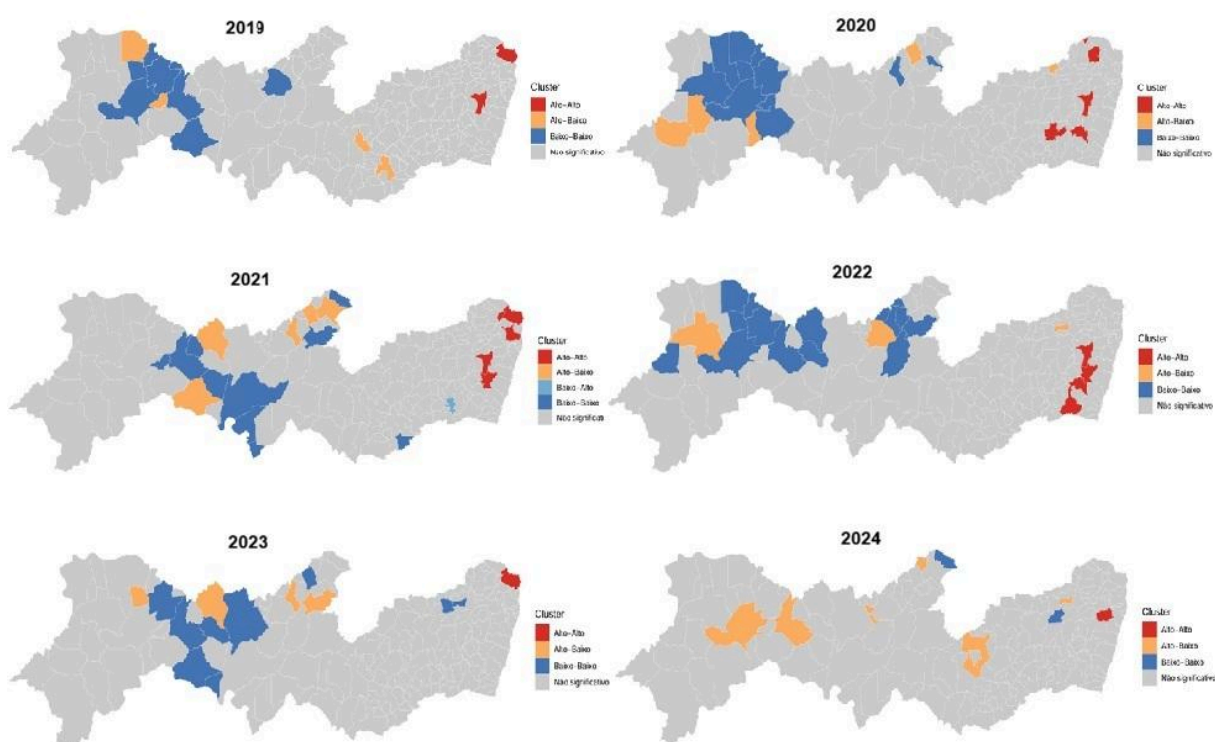
Figura 3 – Evolução do I de Moran para MVI para o Estado de Pernambuco no período de 2019 a 2024



Fonte: Elaborada pela autora (2026), com auxílio do software R.

Ao que se refere aos *clusters* da variável MVI no período de 2019 a 2024, na **Figura 4** abaixo, observa-se que a maioria dos municípios não apresenta autocorrelação espacial estatisticamente significativa, sendo representada pela cor cinza nos mapas. Isso indica que, para esses municípios, não foram identificados padrões espaciais locais significativos de concentração ou dispersão das Mortes Violentas Intencionais no período analisado

Figura 4 – Evolução dos *Clusters* de MVI para o Estado de Pernambuco no período de 2019 a 2024



Fonte: Elaborada pela autora (2026), com auxílio do software R.

Ao longo do período analisado, o Sertão pernambucano se destaca pela predominância de autocorrelação espacial do tipo Baixo-Baixo (BB), destacado em azul escuro, em grande parte do seu território. Esse padrão indica que municípios com baixos níveis de Mortes Violentas Intencionais tendem a estar próximos de outros municípios com baixos níveis desta variável. Ainda nessa região, também se observam ocorrências do tipo Alto-Baixo (AB), destacado em amarelo, nas quais municípios com níveis mais elevados de violência estão cercados por localidades com menores índices de MVI. Esses padrões concentram-se, sobretudo, nas regiões

do Araripe, Salgueiro, São Francisco, Pajeú e Moxotó até o ano de 2023. Em 2024, entretanto, nota-se uma menor presença desses *clusters* no mapa, tornando-se insignificantes em vários municípios dessa meso-região, o que pode indicar uma redução das mortes violentas no ano.

No Agreste pernambucano, os *clusters* aparecem de forma mais pontual e menos persistente ao longo do período. Em 2019, Garanhuns e Venturosa são classificados como Alto-Baixo (AB), indicando municípios com níveis mais elevados de violência em comparação com seus vizinhos, que apresentam padrões mais baixos. Já em 2020, Bonito se destaca como Alto-Alto (AA), sugerindo um momento específico de concentração de violência cercada por municípios também mais violentos. Nesse mesmo ano, Vertente do Lério aparece como Alto-Baixo (AB), reforçando a ideia de que, no Agreste, a violência tende a se manifestar de forma mais isolada.

Na Zona da Mata, observa-se, nos primeiros anos da série, a formação de núcleos bem definidos do tipo Alto-Alto (AA), com destaque inicial para Vitória de Santo Antão e Goiana, em 2019. Esse padrão se intensifica em 2020 e 2021, quando municípios como Ribeirão, Camutanga, Aliança, Escada e Condado passam a integrar esse agrupamento, indicando a consolidação de um eixo de alta violência na região. Em 2022, esse comportamento atinge seu momento mais evidente, com a formação de um bolsão (AA) envolvendo Vitória de Santo Antão, Escada, Ribeirão e Água Preta, o que revela uma forte dependência espacial da violência nesse período. Contudo, a partir de 2023, percebe-se, neste cenário, que o *cluster* (AA) perde força e passa a aparecer de forma mais isolada, como no caso de Goiana, enquanto municípios anteriormente inseridos nesse agrupamento deixam de apresentar significância estatística. Em 2024, essa tendência se consolida com a ausência de Vitória de Santo Antão entre os *clusters* relevantes, sugerindo uma possível redução da concentração espacial de MVI ou maior dispersão do fenômeno.

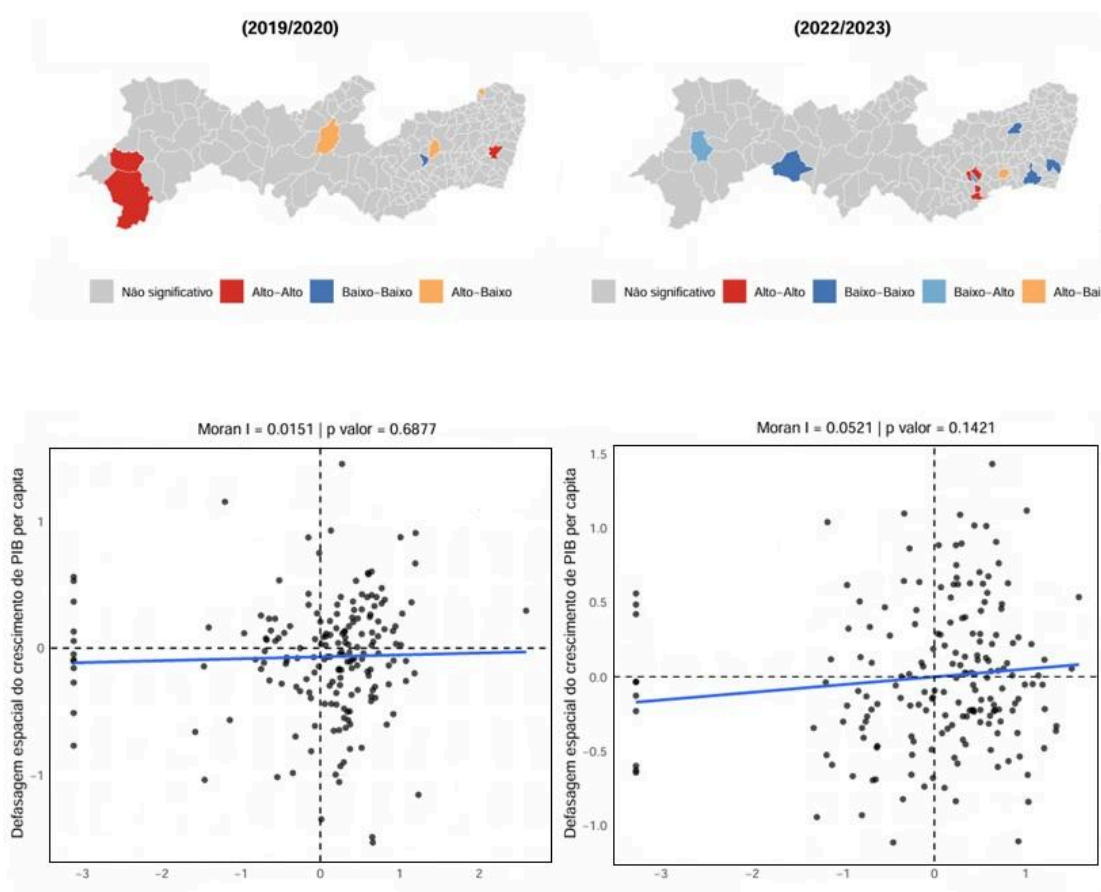
Além disso, surgem outros padrões que ajudam a compreender melhor a dinâmica regional. Em 2021, Catende aparece como Baixo-Alto (BA), indicando um município com baixos níveis de violência cercado por áreas mais violentas, enquanto Correntes se destaca como Baixo-Baixo (BB), sugerindo a presença de bolsões de menor criminalidade. Nos anos seguintes, observa-se a consolidação de alguns desses padrões no interior, como em João Alfredo e Surubim, classificados como

(BB) em 2023. Em 2024, João Alfredo passa a apresentar padrão Alto-Baixo (AB), enquanto Cumaru permanece como (BB), evidenciando mudanças pontuais na estrutura espacial da violência.

Na Região Metropolitana do Recife (RMR), os resultados são ainda mais pontuais. Em 2021, Igarassu surge como Alto-Alto (AA), sendo o primeiro município da região a apresentar esse padrão, embora sem continuidade nos anos seguintes. Já em 2024, São Lourenço da Mata aparece como AA, indicando a presença de um foco localizado de alta violência cercado por municípios com características semelhantes. A ausência de persistência desses *clusters* sugere uma dinâmica mais difusa ou menos estável do ponto de vista espacial na região metropolitana.

Para a análise bivariada comparativa, é possível identificar os índices I de Moran Global nos anos em comparação, 2019/2020 e 2022/2023, referentes às variáveis MVI e a taxa de crescimento do PIB *per capita* na **Figura 5**, assim como seus respectivos *clusters* e diagramas de dispersão.

Figura 5 – Análise bivariada comparativa entre MVI e a taxa de crescimento do PIB per capita municipal para o Estado de Pernambuco, 2019/2020-2022/2023



Fonte: Elaborada pela autora (2026), com auxílio do software R.

A análise revela ausência de padrão espacial global, porém significância local dos *clusters* bivariados. Para o ano de 2020, apenas 7 municípios apresentaram significância estatística para a análise LISA, assim como 11 municípios para o ano de 2023.

Nos anos mais próximos do início da série, representados pelo gráfico de 2020, o I Moran apresenta valor muito baixo, não significativo, que indica não haver autocorrelação espacial. O diagrama de dispersão reforça esse resultado, evidenciando uma inclinação praticamente horizontal da reta de regressão; isso indica ausência de associação espacial global relevante entre a intensidade da violência e o crescimento do PIB *per capita* nos municípios vizinhos.

Já no período mais recente, especialmente em 2023, observa-se uma leve elevação do Moran bivariado, ainda que sem significância estatística. O diagrama de

dispersão mostra uma inclinação positiva um pouco mais evidente, mas ainda assim indica uma ausência associativa entre a violência letal e o crescimento econômico para o Estado de Pernambuco.

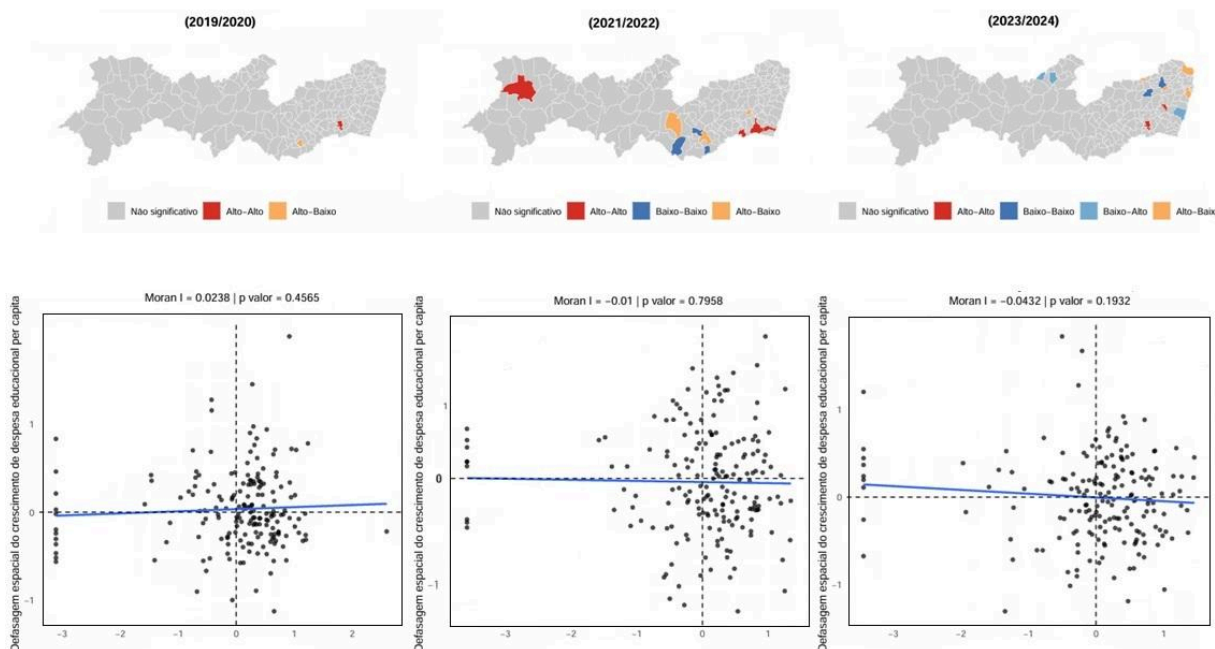
Nesse sentido, os mapas de *clusters* bivariados ajudam a qualificar essa leitura. Em ambos os períodos, a maior parte dos municípios permanece como não significativo, indicando que a relação espacial entre violência e crescimento econômico não é generalizada no Estado. Observa-se que há poucos *clusters* dos quatro tipos de agrupamentos (AA, BB, BA e AB) identificados nos mapas, os baixos índices de Moran e autocorrelação espacial são perceptíveis visualmente nesse aspecto.

No entanto, nota-se a ocorrência de alguns agrupamentos do tipo Alto–Alto, que demonstram-se significantes a nível local, indicando municípios com níveis mais elevados de violência aparecem cercados por vizinhos com alto crescimento econômico, como é o caso de Petrolina e Dormentes no Sertão; Escada na Zona da Mata na análise de 2020, assim como Palmeirina, Angelim, Jupi e Lajedo para o ano de 2023.

Por outro lado, a presença de *clusters* Baixo–Baixo indica regiões onde baixos níveis de MVI se associam a menor dinamismo econômico nos municípios vizinhos. Também aparecem padrões Alto–Baixo e Baixo–Alto, indicando situações em que os níveis de violência não acompanham o desempenho econômico do entorno.

Na **Figura 6**, a seguir, encontra-se a análise bivariada comparativa entre MVI e a taxa de crescimento da despesa com educação e cultura nos períodos 2019/2020, 2021/2022 e 2023/2024.

Figura 6 — Análise bivariada comparativa entre MVI e a taxa de crescimento de despesa com educação e cultura municipal para o Estado de Pernambuco, 2019/2020-2021/2022-2023/2024



Fonte: Elaborada pela autora (2026), com auxílio do software R.

A análise bivariada indicou ausência de dependência espacial global estatisticamente significativa, mas evidenciou a existência de clusters bivariados localmente significativos. Para o ano de 2020, apenas 2 municípios apresentaram significância estatística para a análise LISA, assim como 10 municípios para o ano de 2022 e 11 para 2024.

No primeiro intervalo (2019/2020), o Moran bivariado global apresenta valor positivo, porém muito baixo e estatisticamente não significativo. O diagrama de dispersão confirma esse resultado ao mostrar uma nuvem de pontos bastante concentrada em torno da origem e uma inclinação quase horizontal da reta de regressão. Isso indica que, nesse período e a nível global, não há evidência de associação espacial consistente entre os níveis de violência e o crescimento dos gastos com educação e cultura nos municípios vizinhos. Em termos práticos, para o Estado, os municípios mais violentos presentes no mapa, não estavam sistematicamente associados a áreas com maior ou menor expansão dessa despesa.

No período seguinte (2021/2022), observa-se uma mudança no sinal da relação, com o Moran assumindo menor valor e também sem significância estatística. A inclinação da reta no diagrama torna-se levemente decrescente, sugerindo uma tendência fraca de associação inversa para Pernambuco: municípios com maior nível de MVI passam a estar, ainda que de forma pouco consistente, próximos de localidades com menor crescimento nas despesas educacionais, sendo esta relação igualmente observada na situação oposta.

Já no período mais recente (2023/2024), a reta de regressão torna-se negativa, embora ainda apresente o Moran Global bivariado sem significância estatística, sugerindo uma tendência de associação espacial inversa entre violência e crescimento das despesas com educação e cultura. Entretanto, essa tendência não pode ser interpretada como evidência de um padrão espacial em Pernambuco.

Na análise dos *clusters* bivariados, observa-se que a maior parte dos municípios permanece classificada como não significativa, indicando que a relação espacial entre a MVI e as despesas com educação e cultura não se manifesta de forma generalizada no território pernambucano. Ainda assim, no ano de 2020, surgem padrões pontuais e localmente significativos, dos tipos Alto–Alto e Alto–Baixo, com destaque para Catende e Brejão, respectivamente. No primeiro caso, Catende apresenta níveis mais elevados de violência e está cercado por municípios com maior crescimento das despesas em educação e cultura. Já Brejão, embora também apresente alta violência, encontra-se inserido em um entorno caracterizado por menor dinamismo nesses investimentos.

Na comparação referente a 2022, observa-se a presença de agrupamentos do tipo Alto–Alto em municípios como Tamandaré, Água Preta e Maraial, localizados na Zona da Mata, além de Ouricuri, no Sertão do Araripe. Esse padrão indica que níveis elevados de MVI estão associados a áreas cujos municípios vizinhos também registram maior crescimento dos gastos com educação e cultura. No Agreste, por sua vez, municípios como Buíque, Barra de Guabiraba e Garanhuns aparecem como *clusters* Alto–Baixo, indicando situações em que a violência elevada ocorre em contextos de menor investimento no entorno. Em contrapartida, Caetés, Águas Belas e Lagoa do Ouro são classificados como Baixo–Baixo, sugerindo regiões onde baixos níveis de violência coexistem com menor dinamismo nos gastos educacionais.

Para a análise de 2024, alguns padrões locais novos passam a se destacar.

Municípios como Quixaba e Afogados da Ingazeira, no Sertão, aparecem pela primeira vez como Baixo–Alto, assim como Ipojuca, na Região Metropolitana do Recife. Esse resultado aponta localidades com baixos níveis de mortalidade violenta inseridas em áreas vizinhas com maior crescimento das despesas em educação e cultura. Catende, na Zona da Mata, volta a aparecer como Alto–Alto, ao lado de Primavera, reforçando a persistência desse tipo de agrupamento em pontos específicos da região. Ademais, observa-se que, pela primeira vez na série, Recife surge como Alto–Baixo, assim como Goiana, na Zona da Mata, indicando municípios com elevados níveis de criminalidade situados em áreas onde o crescimento dos investimentos em educação e cultura é relativamente menor.

Dessa forma, os resultados da AEDE Bivariada não identificaram evidências de dependência e associação espacial global estatisticamente significativas entre as Mortes Violentas Intencionais, o crescimento econômico e as despesas públicas com educação e cultura para todo o Estado de Pernambuco. Contudo, essa ausência de significância global não indica que as variáveis socioeconômicas não influenciem a criminalidade. Os resultados apenas indicam que, sob a perspectiva metodológica empregada nesta pesquisa, não foi identificado um padrão espacial consistente para o conjunto dos municípios pernambucanos. Além disso, os mapas LISA Bivariados evidenciaram a existência de *clusters* locais estatisticamente significativos, indicando que associações espaciais podem ocorrer em municípios específicos, ainda que não se manifestem em nível estadual.

5 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar a distribuição e a relação espacial entre Mortes Violentas Intencionais, crescimento econômico e gastos públicos com educação e cultura nos municípios de Pernambuco, de 2019 a 2024, a partir da aplicação da Análise Exploratória de Dados Espaciais. De forma geral, os resultados evidenciam que a violência letal apresenta um comportamento espacial estruturado, com presença consistente de autocorrelação espacial global positiva ao longo de todo o período analisado. Ainda que com intensidade moderada e variações entre os anos, os valores do índice de Moran indicam que municípios com níveis semelhantes de violência tendem a se localizar próximos entre si, o que afasta a hipótese de distribuição aleatória do fenômeno.

Um aspecto relevante diz respeito à variação temporal observada na intensidade da autocorrelação espacial. Destaca-se a redução do índice de Moran em 2021, possivelmente associada às mudanças provocadas pela pandemia da COVID-19, que alteraram padrões de mobilidade e interação social entre os municípios. Esse comportamento indica que choques externos podem influenciar não apenas os níveis da criminalidade, mas também sua organização espacial.

A análise univariada local evidenciou a formação de agrupamentos espaciais distintos entre as regiões do Estado. No Sertão pernambucano, observou-se predominância de *clusters* do tipo Baixo-Baixo (BB), indicando uma maior concentração de municípios com baixos níveis de violência cercados por uma vizinhança com características semelhantes. Esse padrão se manteve relativamente estável ao longo dos anos, especialmente nas regiões do Araripe, Pajeú, Moxotó e entorno de Salgueiro e São Francisco, embora em 2024 tenha havido uma redução na significância desses agrupamentos. No Agreste, os padrões observados foram mais pontuais e menos persistentes, com ocorrências isoladas de *clusters* do tipo Alto-Baixo (AB) e, em menor medida, Alto-Alto (AA), como nos casos de Garanhuns, Venturosa, Vertente do Lério e Bonito, sugerindo uma dinâmica mais fragmentada da violência. Já na Região Metropolitana do Recife, os *clusters* apareceram de forma esporádica, com destaque para Igarassu em 2021 e São Lourenço da Mata em 2024, ambos como Alto-Alto (AA). Na Zona da Mata, por sua vez, destacou-se a formação de *clusters* Alto-Alto (AA) entre 2019 e 2022, com forte concentração em municípios como Vitória de Santo Antão, Escada, Ribeirão, Água Preta e Goiana

compondo um padrão mais evidente de dependência espacial, que perdeu consistência a partir de 2023.

No que se refere às análises bivariadas entre as MVI e o crescimento do PIB *per capita*, bem como entre as MVI e as despesas públicas com educação e cultura, não foram encontradas evidências de associação espacial global estatisticamente significativa para o conjunto dos municípios pernambucanos. Contudo, os mapas LISA Bivariados identificaram clusters locais estatisticamente significativos em municípios específicos, indicando que essas associações podem ocorrer de forma localizada, ainda que não caracterizem um padrão espacial para o Estado. Destacam-se, na relação entre as MVI e o crescimento econômico, os municípios de Petrolina, Dormentes e Escada e, na relação entre as MVI e as despesas públicas com educação e cultura, Catende, Tamandaré, Ouricuri e Buíque, evidenciando que interações espaciais significativas podem ocorrer em nível municipal.

Quanto à hipótese inicialmente proposta, os resultados permitiram confirmá-la apenas parcialmente. Embora tenha sido identificada dependência espacial das Mortes Violentas Intencionais nos municípios pernambucanos, não foram encontradas evidências de associação espacial global estatisticamente significativa entre as MVI, o crescimento econômico e as despesas públicas com educação e cultura. Por outro lado, os mapas LISA Bivariados identificaram clusters locais estatisticamente significativos, o que constitui um resultado relevante por evidenciar que a dinâmica espacial entre as variáveis pode ocorrer de forma localizada, ainda que não se manifeste de forma generalizada no Estado. Dessa forma, os resultados sugerem que a dinâmica espacial da criminalidade no Estado é mais complexa do que a inicialmente pressuposta e pode estar relacionada a outros fatores socioeconômicos, reforçando a importância de novas pesquisas que incorporem variáveis adicionais. Por fim, espera-se que os resultados desta pesquisa contribuam para o planejamento de políticas públicas mais regionalizadas e para o desenvolvimento de novos estudos que aprofundem a compreensão dos determinantes espaciais da criminalidade em Pernambuco.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Eduardo. **Econometria espacial**. Campinas: Alínea, 2012.

ANSELIN, Luc. Local indicators of spatial association — LISA. **Geographical Analysis**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

ANSELIN, Luc et al. Spatial analyses of crime. In: **Criminal Justice 2000: measurement and analysis of crime**. Washington, DC: National Institute of Justice, 2000. v. 4, p. 213-262.

BECKER, Gary S. Crime and punishment: An economic approach. **The Journal of Political Economy**, [s. l.], v. 76, n. 2, p. 169-217, 1968.

CLIFF, Andrew David; ORD, J. Keith. **Spatial processes: models & applications**. London: Pion, 1981.

EHRLICH, Isaac. Participation in illegitimate activities: A theoretical and empirical investigation. **Journal of political Economy**, [s. l.], v. 81, n. 3, p. 521-565, 1973.

FLEISHER, Belton M. The effect of unemployment on juvenile delinquency. **Journal of Political Economy**, [s. l.], v. 71, n. 6, p. 543-555, 1963.

FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **18º Anuário Brasileiro de Segurança Pública**. São Paulo: Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2024. Disponível em: <https://publicacoes.forumseguranca.org.br/handle/123456789/253>. Acesso em: 25 out. 2025.

GRIFFITHS, Elizabeth; CHAVEZ, Jorge M. Communities, street guns and homicide trajectories in Chicago, 1980–1995: merging methods for examining homicide trends across space and time. **Criminology**, [s. l.], v. 42, n. 4, p. 941-978, 2004.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

GUTIERREZ, Maria Bernadete Sarmiento et al. Inequality and criminality revisited: further evidence from Brazil. In: **Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 32nd Brazilian Economics Meeting]**. ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics], 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Rio de Janeiro: IBGE, [2024]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-inter-no-bruto-dos-municipios>. Acesso em: 21 jan. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produto Interno Bruto (PIB)**. Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso em: 3 jul. 2026.

Ipeadata. Disponível em: <<https://ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 22 out. 2025.

LOCHNER, Lance; MORETTI, Enrico. The effect of education on crime: Evidence from prison inmates, arrests, and self-reports. **American Economic Review**, [s. l.], v. 94, n. 1, p. 155–189, 2004.

MARIA, Jônatas Garcia de. **Economia do crime: uma revisão teórica e análise das despesas públicas em segurança no Ceará (2006-2010)**. 2012. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2012.

MENEZES, T. *et al.* Spatial correlation between homicide rates and inequality: Evidence from urban neighborhoods. **Economics Letters**, [s. l.], v. 120, n. 1, p. 97–99, 2013.

MORAN, Patrick AP. The interpretation of statistical maps. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 243-251, 1948.

OLINI, R. M. *et al.* Homicídio e desigualdade de renda: uma análise espacial para o Estado de Mato Grosso em 2000 e 2010. **Economic Analysis of Law Review**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 107-130, 2018.

OLIVEIRA, Cristiano Aguiar de. Análise espacial da criminalidade no Rio Grande do Sul. **Revista de Economia**, v. 34, n. 3, 2008.

PLASSA, W.; PASCHOALINO, P. T.; SANTOS, M. P. Determinantes socioeconômicos das taxas de homicídios no nordeste brasileiro: uma análise espacial. In: ENCONTRO DE ECONOMIA BAIANA, 13., 2017, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: Mestrado em Economia/UFBA, 2017.

RAPHAEL, Steven; WINTER-EBMER, Rudolf. Identifying the effect of unemployment on crime. **The Journal of Law and Economics**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 259–283, 2001.

SACHSIDA, A.; MENDONÇA, M. J. C. Evolução e determinantes da taxa de homicídios no Brasil. Brasília, DF: **IPEA**, 2013. (Texto para Discussão, n. 1808).

SACHSIDA, Adolfo *et al.* Inequality and criminality revisited: further evidence from Brazil. **Empirical Economics**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 93-109, 2010.

SARAIVA, Maurício Vitorino; CONCEIÇÃO, Otavio Canozzi; FRANÇA, Marco Tulio Aniceto. Os determinantes da criminalidade nos municípios gaúchos: evidências de um modelo econométrico espacial. **Ensaio FEE**, v. 38, n. 3, p. 521-552, 2017.

PERNAMBUCO. Secretaria de Defesa Social. *Indicadores Criminais*. Recife, SDS, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.sds.pe.gov.br/estatisticas>>. Acesso em: 27 out. 2025.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis. Considerações sobre a Economia do Crime no Brasil: um sumário de 10 anos de pesquisa. **Economic Analysis of Law Review**, v. [s. l.], v. 1, n. 2, p. 318-336, 2010.

SOUZA SÁ, Álvaro Robério de. A criminalidade no Estado de Pernambuco: uma análise espacial dos determinantes das ocorrências de homicídios e roubos. **Revista de Estudos Sociais**, [s. l.], v. 21, n. 43, p. 4, 2020.

TEIXEIRA, Evandro Camargos. **Dois ensaios acerca da relação entre criminalidade e educação**. 2011. Tese (Doutorado em Economia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

WALLACK, Lawrence. The California Violence Prevention Initiative: advancing policy to ban Saturday night specials. **Health education & behavior**, [s. l.], v. 26, n. 6, p. 841-857, 1999.

APÊNDICE A – Médias anuais dos municípios faltantes

Tabela 1: Médias anuais dos municípios faltantes

Variável	Município	Ano	Observações
Despesa - Educação e cultura	Araçoiaba	2024	R\$32.526.358,43
Despesa - Educação e cultura	Bezerros	2024	R\$53.578.205,71
Despesa - Educação e cultura	Casinhas	2024	R\$23.817.813,26
Despesa - Educação e cultura	Catende	2024	R\$51.868.544,07
Despesa - Educação e cultura	Cedro	2024	R\$15.851.699,28
Despesa - Educação e cultura	Feira Nova	2024	R\$27.409.042,43
Despesa - Educação e cultura	Floresta	2024	R\$58.765.659,86
Despesa - Educação e cultura	Iati	2024	R\$32.278.128,80
Despesa - Educação e cultura	Ibirajuba	2024	R\$15.025.458,49
Despesa - Educação e cultura	Ipubi	2024	R\$68.167.989,03
Despesa - Educação e cultura	Itaquitinga	2024	R\$22.414.373,34
Despesa - Educação e cultura	Jurema	2023	R\$27.139.703,94
Despesa - Educação e cultura	Manari	2024	R\$30.216.033,42
Despesa - Educação e cultura	Orocó	2024	R\$22.827.732,13
Despesa - Educação e cultura	Pedra	2024	R\$28.729.833,81
Despesa - Educação e cultura	Salgadinho	2024	R\$14.580.017,44

Fonte: Elaborada pela autora (2026)