57º SBPO
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
Gramado • RS
DE 5 A 9 DE OUTUBRO DE 2025

ANÁLISE ESPACIAL E MULTICRITÉRIO DE VULNERABILIDADE A HOMICÍDIOS NO RIO GRANDE DO NORTE

Camila Karen Alves Pedrosa
UFERSA - Universidade Federal Rural do Semiárido
Programa de Pós-Graduação em Administração - PPGA
Av. Francisco Mota, 572, Mossoró - RN
camilakarenn21@gmail.com

Rosimery de Almeida Souza
UFERSA - Universidade Federal Rural do Semiárido
Engenharia de Produção
Av. Francisco Mota, 572, Mossoró - RN
rosimery.souza@alunos.ufersa.edu.br

Arthur Pimentel Gomes de Souza
Universidade Federal de Pernambuco
PMD – Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento e Gerenciamento de Projetos
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife – PE
arthur.pgsouza@ufpe.br

Duan Vilela Ferreira
Universidade Federal de Pernambuco
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção Av. da Arquitetura
Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-550
duanvilela@gmail.com

Ciro José Jardim de Figueiredo
UFERSA - Universidade Federal Rural do Semiárido
Programa de Pós-Graduação em Administração - PPGA
Av. Francisco Mota, 572, Mossoró - RN
ciro.figueiredo@ufersa.edu.br

Caroline Maria de Miranda Mota
Universidade Federal de Pernambuco
PMD – Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento e Gerenciamento de Projetos
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife – PE
caroline.mota@ufpe.br

RESUMO

O crescimento de casos de homicídios no Brasil é preocupante. Esse trabalho tem foco em analisar a vulnerabilidade à ocorrência de homicídios no estado do Rio Grande do Norte por meio de técnicas de análise espacial e multicritério, a partir da utilização de dados de ocorrências e indicadores socioeconômicos. Os resultados revelaram padrões espaciais de maior vulnerabilidade a partir de análise de clusters. Além disso, notou-se que regiões metropolitanas e com maior densidade concentram maior risco. Em consonância, polos urbanos e econômicos dispersam a criminalidade para cidades circunvizinhas por fatores estruturais e de desigualdades sociais e econômicas. Essa abordagem permite a classificação das cidades em níveis de vulnerabilidade, contribuindo para a formação de políticas públicas mais eficazes com base em evidências espaciais.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

PALAVRAS CHAVE. Homicídios. Vulnerabilidade. Segurança Pública. Promethee.

D&SP – PO em Defesa e Segurança
ADM – Métodos Multicritério para Ajuda de Tomada de Decisão

ABSTRACT

The rising number of homicides in Brazil is a cause for concern. This study aims to analyze the vulnerability to homicides in the state of Rio Grande do Norte through spatial and multicriteria analysis techniques, based on crime occurrence data and socioeconomic indicators. The results revealed spatial patterns of heightened vulnerability identified through cluster analysis. Furthermore, metropolitan areas and regions with higher population density were found to present greater risk. In line with this, urban and economic hubs tend to disperse crime to surrounding municipalities due to structural conditions and social and economic inequalities. This approach enables the classification of cities according to levels of vulnerability, contributing to the development of more effective public policies grounded in spatial evidence.

KEYWORDS. Homicides. Vulnerability. Public Security. PROMETHEE.

D&SP – Operations Research in Defense and Security
ADM – Multicriteria Decision Aid Methods

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

1. Introdução

O aumento dos homicídios no Brasil nas últimas décadas consolidou-se como um dos principais desafios de segurança pública, com impactos profundos na sociedade e nas políticas de prevenção [Cerqueira et al. 2019]. No Rio Grande do Norte, esse fenômeno segue tendências nacionais, com uma média de 1.491 crimes letais entre 2011 até 2022 [FSP, 2023], exigindo análises que ultrapassem abordagens tradicionais e incorporem perspectivas espaciais [Waiselfisz 2015][Sampaio et al. 2021] e multicritério para compreensão das dinâmicas territoriais [Jannuzzi 2009].

O homicídio representa a forma mais extrema da violência interpessoal, caracterizando-se não apenas por sua letalidade, mas também por seu profundo impacto social, sendo reconhecido como uma das principais causas evitáveis de morte no mundo [Lo et al. 2013]. A análise da distribuição espacial desses crimes em capitais brasileiras com diferentes níveis de densidade populacional, urbanização e indicadores socioeconômicos sugere que o fenômeno, embora intenso nas grandes cidades, também atinge outros territórios, revelando dinâmicas locais específicas que desafiam a formulação de políticas públicas eficazes [Souza e Lima 2006].

Logo, essa compreensão sobre a distribuição geográfica dos homicídios, permite identificar aglomerados, padrões de dispersão e fatores territoriais associados à violência letal [Anselin 1995][Eck 2005]. Essa abordagem viabiliza a priorização de áreas críticas e a elaboração de estratégias de prevenção baseadas em evidências, superando análises meramente descritivas [Chainey e Ratcliffe 2013]. No contexto do Rio Grande do Norte, onde a violência homicida apresenta variações regionais significativas, técnicas espaciais contribuem para a identificação de vulnerabilidades socioespaciais [Plassa 2019].

Os homicídios distinguem-se de outros crimes, como os patrimoniais, por seu caráter violento e alto impacto social, frequentemente associado a desigualdades sociais e raciais, conflitos territoriais e dinâmicas do crime organizado [Cerqueira 2019][Zaluar 2004]. Enquanto delitos contra o patrimônio tendem a ser mais difusos, os homicídios concentram-se espacialmente, revelando padrões que podem ser mapeados e analisados para subsidiar políticas públicas mais eficazes [Bezerra et al. 2012].

Diante do cenário exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a vulnerabilidade à ocorrência de homicídios no Rio Grande do Norte, utilizando abordagens de decisão multicritério e estatística espacial. A combinação desses métodos permite mapear áreas críticas e subsidiar políticas públicas mais direcionadas, considerando tanto a complexidade do fenômeno quanto suas particularidades geográficas e socioeconômicas.

2. Homicídios e Análise de Vulnerabilidade

O Brasil é um dos países com as maiores taxas de homicídios do mundo. Em 2022, a taxa de homicídios no Brasil foi de 21,26 por 100.000 habitantes. Com esse número, o país ocupa o 14º lugar na lista de países com maiores taxas de homicídios do mundo. No mesmo ano, o estado do Rio Grande do Norte apresentou uma taxa de 32,53 [IPEA 2023]. Essa realidade compromete o direito à vida e revela falhas estruturais na segurança pública e na garantia de direitos fundamentais.

Esse panorama deve ser avaliado não apenas pelos números absolutos, como também pelas dinâmicas temporais, territoriais e sociais dos padrões de violência. As evidências empíricas apontam para a existência de um forte efeito de inércia nas taxas de crimes letais nos estados brasileiros, sugerindo que o padrão de criminalidade se repete ao longo do tempo, visto que pelo menos metade dos crimes registrados em um ano são herdados do ano anterior [Saraiva et al. 2021].

O homicídio é uma manifestação extrema de violência letal que extingue com a vida das pessoas, esse fenômeno social necessita de uma abordagem conjunta e não deve ser estudado apenas sob a ótica jurídica [Portella et al 2011]. Para compreender os aspectos estruturais desse tipo de crime, é necessário compreender os fatores que o condicionam, que podem estar relacionados a desigualdades, falta de urbanização, desemprego, ausência de políticas públicas,

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

entre outros. Esses fatores podem representar condições para regiões vulneráveis que representam disputa de poder por grupos armados, em regiões dominadas pelo crime. Nesse contexto, a violência não é só uma manifestação do crime, mas uma representação de um fenômeno social e relacionado a problemas estruturais da sociedade.

Ao abordar crimes contra a vida, o medo e a insegurança da população se ampliam, sendo um dos crimes mais temidos por ser letal. Nessa perspectiva, [Bittencourt e Teixeira 2022] identificaram que a alta taxa de homicídios contra jovens nas metrópoles brasileiras estão diretamente relacionados a fatores estruturais, como o desemprego juvenil, o consumo de álcool e drogas, e o acesso a armas de fogo.

É notório que existem diversos fatores que podem contribuir para a vulnerabilidade de um local, seja por questões sociais, temporais e estruturais. Além dessa percepção, existem os dados documentais que registram as ocorrências e seus locais, contribuindo para a compreensão da vulnerabilidade das cidades a partir de dados registrados anteriormente. Isso possibilita a prospecção de possíveis novas ocorrências no futuro e facilita o planejamento de medidas preventivas. A segurança pública detém o papel fundamental de proporcionar o bem-estar da população, realizando a manutenção da ordem pública no âmbito da criminalidade [Justus et al 2010]. Por outro lado, a baixa eficácia na investigação dos homicídios gera falta de elucidação dos efeitos do crime, onde os espaços são liderados por facções criminosas e a autoria do crime é ignorada [Passos 2022].

As Teorias Criminais fornecem aspectos teóricos para compreensão dos padrões de criminalidade em contextos urbanos. A Teoria da Desorganização Social (TDS), propõe que áreas urbanas marcadas pela alta mobilidade populacional, pobreza e diversidade étnica tendem a ter mais criminalidade porque a comunidade é desestruturada e não consegue, de forma coletiva, impedir comportamentos fora da lei [Shaw e McKay 1942].

Em paralelo, a Teoria das Atividades de Rotina (TAR) sugere que o crime ocorre quando há união no tempo e espaço de um infrator motivado, uma vítima adequada e a ausência de um guardião capaz [Cohen e Felson 1979]. Enquanto a TDS foca na estrutura social e na organização comunitária como fatores de controle social, a TAR enfatiza a oportunidade situacional como elemento fundamental para a ocorrência do crime. Em conjunto, essas teorias permitem uma análise social dos fatores estruturais e situações que podem influenciar vulnerabilidade criminal na análise espacial.

3. Metodologia

Na presente seção serão apresentadas as etapas metodológicas que foram construídas no presente trabalho. O desenvolvimento do modelo baseado em decisão multicritério e análise espacial para avaliar a vulnerabilidade em homicídios pode ser dividido em três etapas. A primeira fase consiste em estruturar o problema, envolvendo: demarcação da área de aplicação, obtenção dos dados espaciais e não-espaciais, definição das alternativas, determinação dos critérios e definição do método usado. Em seguida, durante a segunda etapa, os dados são convertidos em informações espaciais. Nesta fase, também são definidos os parâmetros do modelo, como os pesos dos critérios, os limiares de preferência e de indiferença, bem como ocorre o estudo de cenários. Posteriormente, são obtidos os resultados e realizadas análises espaciais para observações de clusters e análise cruzada para verificação das características dos critérios que possuem maior associação com os locais mais vulneráveis.

3.1 Local de estudo

Para a análise deste estudo, foram considerados os municípios do estado do Rio Grande do Norte (RN). O estado se configura atualmente com uma população de 3.506.853 habitantes, ocupando a 17ª colocação entre as unidades da federação, sendo o 6° mais populoso na região Nordeste [IBGE 2022]. A capital, Natal, concentra cerca de 25% da população (884 mil habitantes)

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

do estado, seguida por Mossoró (290 mil habitantes) situada ao oeste do estado, próximo à divisa do estado do Ceará [IBGE 2022]. Os demais municípios têm populações que giram abaixo de 100 mil habitantes. O Rio Grande do Norte se localiza em grande parte na região do semiárido, com presença de longos períodos de seca, e a economia é baseada em atividades de indústria em geral, energias renováveis (solar e eólica), têxtil, agricultura, fruticultura e pecuária [Veríssimo Bisneto e Figueiredo 2022].

Em 2003, o estado do Rio Grande do Norte possuía taxas de violência (homicídios e crimes contra o patrimônio) abaixo da média nacional. Por outro lado, considerando a série histórica de 2011 até 2022 há uma média de 1.491 crimes letais, no qual em 2022 foram registradas 1.212 ocorrências deste tipo [FSP 2023]. E mesmo havendo queda, há variações positivas em crimes do tipo feminicídios [Ferreira et al. 2021] e estupro de vulneráveis [FSP 2023]. Segundo [Hermes e Brandão 2020] a violência no estado se prolifera devido às "gangues" e "facções" e que estão diretamente ligadas ao tráfico de drogas, afetando grupos sociais economicamente desfavoráveis.

3.2 Coleta de dados

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos junto à Secretaria da Segurança Pública e da Defesa Social (SESED) através da Lei de Acesso à Informação e correspondem ao período de 2015 até 2024, rotulado pelos meses de ocorrências, ano, bairro da ocorrência, município, meio empregado e tipo de morte. Através destes dados foram contabilizadas ocorrências por ano e para cada município, sendo os municípios as alternativas do modelo de decisão espacial. Por uma questão de limitação do estudo, em função da disponibilidade dos critérios, a análise ocorreu ao nível de municípios.

O conjunto de critérios de avaliação foi definido com base em estudos prévios que avaliaram cenários de violência letal no estado de Pernambuco [Pereira *et al.*, 2018][Figueiredo e Mota, 2019][Mota et al. 2021] no qual foram sustentados por variáveis sociais, econômicas e demográficas. Tais estudos identificaram os locais vulneráveis utilizando métodos de decisão multicritério e estatística espacial. Deste modo, optou-se nesse artigo pelo uso de dados semelhantes, sendo estes descritos na Tabela 1 a seguir com dados coletados no Censo 2022. Embora haja limitação com relação à dimensão espacial das alternativas, é importante mencionar que este tipo de pesquisa ainda não foi verificado no Rio Grande do Norte, o que contribui expressivamente com relação à segurança pública. Ainda com relação aos critérios escolhidos, a relação de maximização foi definida com base nos estudos anteriores mencionados e na correlação estatística verificada junto com os números de ocorrências.

Tabela 1 – Critérios do modelo

Critério	Descrição	Tipo de critério
Pop_estim	População Estimada Estimativas populacionais para os municípios	Maximização
Sal_médio	Salário médio da população dos municípios	Maximização
IDHM	Índice de desenvolvimento humano	Maximização
PIBpcapta	Produto Interno Bruto	Maximização
Tx_Escol	Taxa de escolaridade	Minimização
SUS	Número de estabelecimentos do SUS na cidade	Maximização
Esgotamento	Percentual de esgoto na cidade	Maximização
A_2021, A_2022, A_2023	Casos de homicídios registrados nos municípios	Maximização

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

3.3 Estruturação do problema

A fim de investigar a vulnerabilidade a homicídios, construiu-se um modelo de apoio a decisão multicritério. No caso deste artigo, foi escolhido o método multicritério PROMETHEE II para obter um ranking das alternativas, seguido pela aplicação de duas estatísticas espaciais: as Quebras Naturais de Jenks para obter classes de vulnerabilidade, e o índice I de Moran Local para identificar clusters e outliers espaciais.

No geral, a família PROMETHEE compara par-a-par as alternativas (a, b) para cada critério até alcançar um índice de preferência geral. O PROMETHEE II tem como objetivo ranquear as alternativas em ordem decrescente através da exploração de uma pré-ordem completa com duas relações de preferência: indiferença e preferência estrita. Dadas duas alternativas a e b (de todo o conjunto A), o grau de sobreclassificação $\pi(a, b)$ (Equação (1)) mensura o grau em que uma alternativa a é preferível a b, considerando todos os critérios:

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^{n} w_i F_i(a, b) \tag{1}$$

onde w_i indica os pesos dos critérios, tal que $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$, e $F_i(a, b)$ é a função de preferência $[g_i(a) - g_i(b)]$ entre o desempenho das alternativas para cada critério i. Neste estudo, adotou-se os critérios lineares com limiares de preferência e indiferença. Vale ressaltar que os pesos representam o grau de importância dos critérios, tendo em vista a racionalidade não compensatória do PROMETHEE II.

O ranking das alternativas é obtido com base nos fluxos de sobreclassificação positivos $[\phi^+(a)]$ e negativos $[\phi^-(a)]$, calculados para cada uma. O fluxo $[\phi^+(a)]$ (Equação (2)) representa o poder da alternativa a, isto é, como a alternativa a supera (ou é preferível) as demais, enquanto o fluxo $[\phi^-(a)]$ (Equação (3)) expressa como as demais alternativas são preferíveis em relação à a. O fluxo líquido $\Phi(a)$ é obtido a partir da diferença entre os fluxos positivos e negativos, conforme a Equação (4).

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \tag{2}$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a) \tag{3}$$

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \tag{4}$$

Além disso, são introduzidos os limiares de indiferença (q) e preferência (p), usados para estabelecer pontos de diferenças escalares dos critérios que definem preferência e indiferença. Amplamente discutido na literatura, o PROMETHEE II possui várias aplicações em análises espaciais [Pedrosa 2024] este método não compensatório possui simples compreensão para o seu usuário, especialmente devido à facilidade em elicitar pesos.

Para visualizar os resultados, o fluxo de sobreclassificação líquido é separado em cinco classes de vulnerabilidade com o apoio do algoritmo de Quebras Naturais de Jenks [Jenks e Caspall 1971]. Como resultado, obteve-se mapas de vulnerabilidade.

Ainda na exploração dos resultados, foi conduzida uma inferência espacial inspirada em [Mota et al. 2021]. O mapa de vulnerabilidade resultante do modelo multicritério, na forma do fluxo de sobreclassificação líquido, é submetido à estatística espacial I de Moran Local [Anselin 1995] com o intuito de avaliar as associações espaciais com as áreas vizinhas.

Para o teste de Moran, fixa-se cada município i para compará-lo com os valores do fluxo de sobreclassificação líquido nas áreas vizinhas. O índice I de Moran Local pode ser definido como:

$$I_i = n(x_i - \bar{x}) \sum_{j \neq i} w_{ij}(x_j - \bar{x}) \tag{5}$$

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

onde x_i é o valor do fluxo no município i e x_j no município vizinho j; w_{ij} consiste no peso espacial entre os municípios i e j (neste caso, o inverso da distância entre as áreas); e n é o total de municípios.

Os resultados são expostos como *clusters* espaciais (HH, LL) ou *outliers* (HL, LH). HH (*High-High*) denota municípios com valores altos circundados por valores semelhantes, sendo LL (*Low-Low*) o mesmo caso para valores baixos. Os grupos HL (*High-Low*) e LH (*Low-High*) são municípios com valores significativamente diferentes em relação aos vizinhos. Assim, é possível destacar os *clusters* de vulnerabilidade que requerem maior urgência de intervenção estatal.

[Mota et al. 2021] recomendam uma visualização em conjunto de ambos os resultados para, então, sugerir uma recomendação final ao decisor. As análises espaciais foram conduzidas através de programação em Python usando as bibliotecas Geopandas e Numpy.

4. Resultados e Discussão

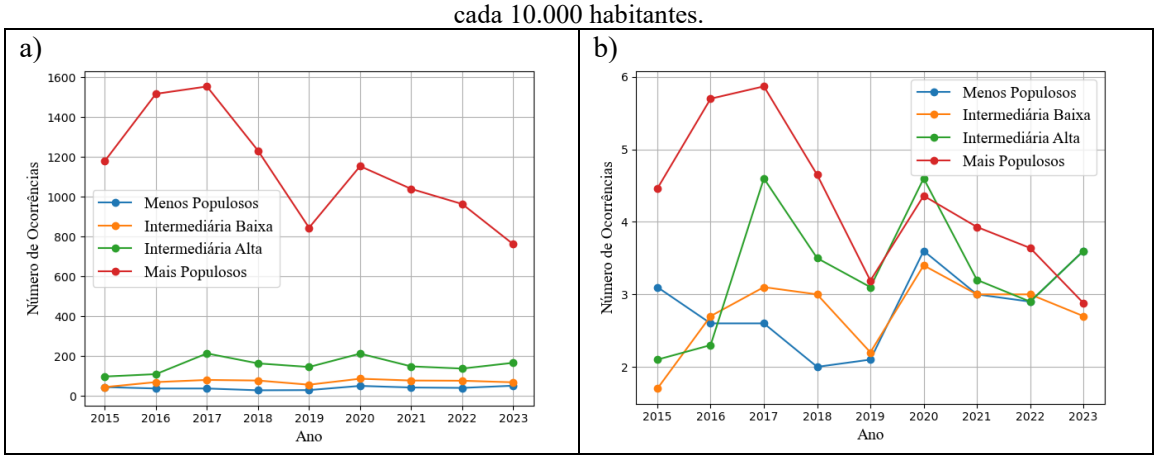
A primeira análise considerou a observação dos registros através da evolução dos casos de CVLI ocorridos no estado Rio Grande do Norte e a distribuições desses tipos de crime. É importante mencionar que somente a partir de 2020 foram obtidos dados estratificados em diferentes tipos de ocorrências, mas, no geral, os números têm tido redução até 2023 (Tabela 2).

Tabela 2 – Registros de homicídios no RN

Tipo de homicídio	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Homicidio doloso	1364	1731	1883	1499	1074	1223	1062	980	814
Intervencao policial	0	0	0	0	0	144	151	111	95
Feminicidio	0	0	0	0	0	13	20	16	24
Lesao corporal seguida de morte	0	0	0	0	0	57	19	77	80
Latrocinio	0	0	0	0	0	64	54	32	32

Também foram observadas as evoluções dos casos separados por grupos populacionais (Figura 1), para números absolutos e taxa de homicídios para cada 10.000 habitantes. As cidades foram separadas por quartis, ficando evidentes que até os grupos intermediários os números são muito próximos, porém para a totalidade de 1.5 milhões de habitantes a quantidade salta significativamente. Por outro lado, a taxa de ocorrência se equipara entre todos os municípios norte riograndenses. Desse modo, optou-se por analisar os três últimos anos (2021, 2022 e 2023) para identificar os municípios mais vulneráveis.

Figura 1 – a) Número absoluto de ocorrências e b) Taxa de ocorrências de homicídios no RN para cada 10.000 habitantes.



DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

Para a construção do método, foram selecionados oito dos critérios sendo eles: Pop_estim (populacao estimada), Sal_médio (salario médio), IDHM (índice de desenvolvimento humano), PIBpcapta (produto interno bruto), Tx_Escol (taxa de escolaridade), SUS (número de estabelecimentos do SUS na cidade), Esgotamento (% de esgoto na cidade) e Ocorrências. Esses dados foram obtidos através das bases do IBFE.

A escolha desses critérios foi realizada com base no objetivo do trabalho de analisar a vulnerabilidade, por isso foram selecionados critérios relacionados a população e índices que a impactam, uma vez que a vulnerabilidade de um local está relacionado não apenas ao território, mas as características sociais e econômicas da população inserida naquele espaço. Portanto, para o modelo de decisão foram selecionados critérios demográficos, sociais e econômicos que contribuíram no rankeamento de locais mais vulneráveis. Além dos critérios supracitados, foi utilizado os dados de ocorrências de homicídios como critério, para ele foi utilizado um peso de maior relevância, visto o enfoque do trabalho ser a vulnerabilidade a homicídios no RN.

No estado do Rio Grande do Norte, como já mencionado, ainda existem discrepâncias sociais, econômicas e demográficas, representado pelas informações descritas na Tabela 3. A cidade com o menor número de habitantes, tem a estimativa de 1.718 moradores, e a média populacional é de 20.999 com alto desvio padrão. O salário médio fica próximo de dois salários mínimos. Na literatura, estes fatores representam uma associação com a progressão de casos de violência, no caso deste estudo o número de homicídios.

Tabela 3 – Desempenho dos critérios

Critério	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
Pop_estim	20999	74677	884122	1718
Sal_médio	1,80	0,39	5,40	1,30
IDHM	0,61	0,04	0,77	0,53
PIBpcapta	13799,95	13559,32	106121,50	6535,60
Tx_Escol	0,98	0,01	1,00	0,88
SUS	9,07	14,46	149,00	1,00
Esgotament	0,27	0,24	0,97	0,002

Em seguida, foi determinada a matriz de avaliação das alternativas por critérios considerando os três anos escolhidos. Os parâmetros de pesos e limiares de preferências foram definidos com base na experiência de um especialista na dinâmica criminológica local e nas associações debatidas em estudos anteriores [Pereira *et al.*, 2018][Pedrosa et al 2024]. As informações contidas na Tabela 4 resumem os parâmetros utilizados no PROMETHEE II. Destaca-se que a todos os critérios foi atribuído o mesmo peso, com exceção dos homicídios (Tabela 5), a fim de refletir o impacto direto destes casos na vulnerabilidade local. Conforme a Tabela 5, o critério homicídios (CVLI) também foi o único cujos limiares de preferência e de indiferença foram ajustados distintamente para cada um dos três modelos multicritério (anos de 2021, 2022 e 2023)

Tabela 4- Parâmetros de peso e limiares de preferência e de indiferença

	P	Q	W
ANO	2021, 2022, 2023	2021, 2022, 2023	2021, 2022, 2023
pop_estim	8495	88240	
Sal_med	0,27	0,41	
Idhm	0,04	0,02	
Pib	5113,02	9958,59	0,0857
tx_escola	0,01	0,01	
sus	5,4	14,8	

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

esgot	0,35	0,1	

Tabela 5- Parâmetros de peso e limiares de preferência e de indiferença dos homicídios

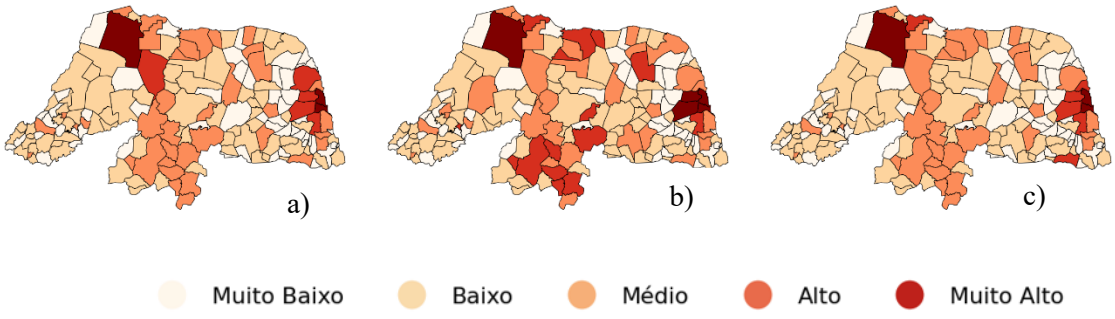
	P			Q			W
ANO	2021	2022	2023	2021	2022	2023	
CVLI	4,5	5,4	4,5	27,8	26,2	19,5	0,40

Com a aplicação do PROMETHEE II, foram obtidos três rankings com as análises feitas. Devido à quantidade de alternativas (167 municípios), foi realizada uma divisão das cidades em cinco classes de vulnerabilidade com o apoio do algoritmo de Quebras Naturais de Jenks [Jenks e Caspall 1971] com base no fluxo líquido. Então, os municípios foram separados em vulnerabilidade "Muito baixa" até vulnerabilidade "Muito alta". Desta forma, é possível visualizar de maneira global e verificar possíveis semelhanças nos resultados encontrados.

A Figura 2 mostra a distribuição espacial da vulnerabilidade nos municípios do estado do Rio Grande do Norte, com alteração de cores que indicam diferentes níveis de vulnerabilidade, quanto mais escuro o tom, maior a vulnerabilidade. A análise visual revela padrões consistentes e variações significativas entre os três anos, de modo que o padrão de vulnerabilidade sofreu poucas alterações ao longo dos anos entre os estados. Em destaque, observa-se um aumento na vulnerabilidade no ano de 2022 no sudeste do mapa, indicando uma possível variação significativa de ocorrências espacialmente nesta localidade. É relevante observar que, em 2023, a vulnerabilidade voltou a ficar semelhante a 2021 nessa região, portanto foi uma oscilação anual que tende a ser decorrente de algum fenômeno local, o que merece ser explorado em estudos futuros.

Em todos os mapas, observa-se que determinados municípios, especialmente na porção noroeste do estado, como Pau dos Ferros, Portalegre e Alexandria, apresentam alta vulnerabilidade de forma recorrente. Essa persistência sugere a influência de precariedade em fatores econômicos e sociais, como baixa renda per capita, baixo IDHM e acesso limitado a serviços públicos. Já a região central do estado tende a apresentar tons mais claros, como é o caso de Currais Novos, Acari e Jardim do Seridó, o que aponta para níveis mais baixos de vulnerabilidade relativa, possivelmente associados a uma menor densidade populacional e maior estabilidade em indicadores sociais. A região leste, especialmente a faixa litorânea que inclui municípios como Tibau do Sul, Maxaranguape e Touros, mostra variações relevantes entre os mapas. Em alguns anos, esses municípios aparecem com vulnerabilidade mais acentuada, o que pode estar relacionado à dinâmica urbana intensa, pressão sazonal da população flutuante e disparidades de renda típicas de regiões turísticas.

Figura 2 - Distribuição espacial dos municípios de acordo com nível de vulnerabilidade. a) casos de 2021; b) casos de 2022; c) casos de 2023.



Observando as distribuições dos munícipios nos grupos de vulnerabilidade atribuídos pela divisão de Quebras naturais (Tabela 6), a partir da análise dos municípios destacados na classe Alta e Muito Alta Vulnerabilidade foi possível compreender que os municípios mais críticos são aqueles

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

que estão diretamente associados a uma maior concentração populacional. Portanto, isto corrobora com a Teoria da Desorganização Social, que destaca que o crescimento populacional acelerado, sem o devido planejamento urbano, intensifica desigualdades e limita o acesso a serviços públicos essenciais, intensificando vulnerabilidades sociais. A mesma relação é observada para os demais critérios utilizados na aplicação do PROMETHEE II, quanto maior a vulnerabilidade do município, mais baixo é o seu desempenho em serviços essenciais como saúde, educação e esgotamento.

Tabela 6 – Distribuição dos níveis de vulnerabilidade

Quebras naturais	**2021**	**2022**	**2023**
Muito baixa	56	47	55
Baixa	67	67	68
Moderada	36	30	35
Alta	5	18	6
Muito alta	3	5	3

Tendências relevantes são observadas na comparação dos mapas da taxa de ocorrências para cada 10.000 habitantes nos três anos com os mapas da análise de clusters e outliers espaciais (Figura 3). As cidades com maiores taxas de homicídios apresentaram pouca variação ao longo dos três anos analisados, indicando estabilidade dos casos. Essas cidades compartilham características demográficas, como alta densidade populacional e falta de acesso a serviços essenciais públicos.

A variabilidade dos clusters é baixa, ou seja, o resultado pouco alterou com relação à mudança dos anos, o que pode ser justificada pela estabilidade no número de casos. Isso é justificado pelo fato de que nem todas as cidades com altas taxas de homicídios irão se configurar como clusters na análise de Moran Local. Isso ocorre visto que o Moran considera a correlação espacial entre municípios vizinhos, ou seja, para que um município seja classificado como HH (High-High, é necessário que ele e seus vizinhos apresentem simultaneamente altos valores. Portanto, uma cidade com taxa alta isolada entre outras com valores baixos pode se configurar como um outlier (HL) e não um cluster. A comparação entre os clusters de Moran Local (Figura 3) e o resultado do PROMETHEE II mostra que há convergência nas áreas de maior vulnerabilidade especialmente em regiões da Grande Natal e no Alto Oeste. Contudo, há exceções, como o caso de Mossoró, que apresenta alta vulnerabilidade no PROMETHEE, mas não se configura como cluster (HH) na estatística de Moran. Em vez disso, os municípios vizinhos como Areia Branca, Baraúna ou Governador Dix-Sept Rosado aparecem como HH ou LL, sugerindo que a vulnerabilidade se dispersa ao redor do polo. No caso específico da cidade de Mossoró, observa-se uma população de 264.577 habitantes, IDHM de 0,720 (classificação alta) e PIB per capita de R$ 26.994,78, o que evidencia sua relevância econômica e urbana no estado. Por outro lado, Areia Branca, município vizinho, apresenta 24.093 habitantes, IDHM de 0,643 (classificação média) e PIB per capita de R$ 15.432,89, além de menor densidade de estabelecimentos do SUS e cobertura de esgotamento sanitário. Essas desigualdades estruturais explicam a formação de clusters de alta vulnerabilidade nos municípios circunvizinhos a Mossoró, mesmo quando este não aparece diretamente como um ponto crítico, evidenciando um processo de dispersão da violência e indicando um padrão de difusão da criminalidade, possivelmente relacionado à interiorização das facções e fragilidade da presença estatal em municípios menores.

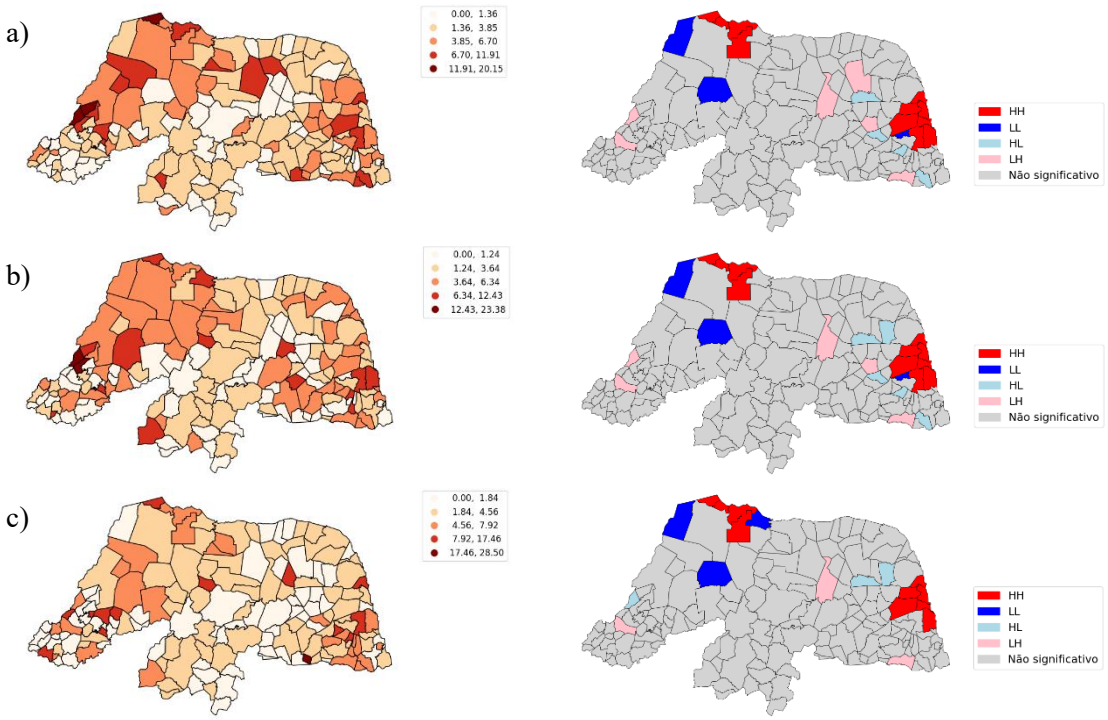
A região metropolitana de Natal, por concentrar uma parcela significativa da população, também concentra diversas formas de vulnerabilidade, manifestando-se nas áreas periféricas dos grandes centros, como Natal, Parnamirim, São Gonçalo do Amarante e Macaíba, onde há maior densidade populacional, crescimento urbano acelerado e, possivelmente, serviços públicos essenciais mais escassos. Embora Mossoró tenha uma população maior e atue como polo econômico em relação aos municípios adjacentes e menores, o crime se espalha nestas cidades de modo mais concentrado, por estar relacionado à interiorização de facções, fragilidade da segurança pública, entre outros fatores estruturais relacionados à dificuldade de emprego, que tornam a marginalização e a criminalidade um caminho mais fácil para os jovens.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

A elaboração dos clusters foi fundamental para compressão da distribuição espacial de casos. Foi identificado não apenas os municípios mais vulneráveis de forma isolada, mas também a sua relação espacial com municípios vizinhos. Os clusters HH representam zonas críticas contínuas, indicando onde políticas públicas podem ter impacto mais regionalizado. Por outro lado, os clusters LL revelam áreas com baixa vulnerabilidade e vizinhança segura, o que também pode orientar estratégias preventivas de contenção. Os outliers HL e LH apontam anomalias que merecem investigação adicional, por exemplo, se refletem ações pontuais de repressão, investimentos públicos ou deficiências estatísticas.

Portanto, a análise espacial da vulnerabilidade apresenta um cenário de desigualdades territoriais, sendo possível identificar que os locais de maior risco não se concentram exclusivamente nos centros urbanos, mas se espalham por regiões de interior e municípios de menor porte, evidenciando como a falta de acesso a serviços essenciais contribui para a difusão da precariedade e da violência. Dessa forma, é necessário que as ações de segurança pública adotem estratégias integradas que considerem as diferenças regionais, com foco em prevenção e inclusão.

Figura 3 – Comparativo entre a taxa de ocorrências a) 2021, b) 2022 e c) 2023) e a análise de Moran para os resultados obtidos pelo Promethee II.



5. Considerações Finais

No presente estudo foram avaliados os níveis de vulnerabilidade no estado do Rio Grande do Norte, situado na região nordeste do Brasil. Para isto, foi utilizada uma abordagem integrando métodos de decisão multicritério e estatística espacial permitindo obter cinco níveis de vulnerabilidade municipal à ocorrência de homicídios.

Os resultados revelaram padrões espaciais relevantes. De maneira geral, a região metropolitana de Natal apresentou altos níveis de vulnerabilidade. De maneira similar, a região sudeste do estado, apresentou elevada vulnerabilidade em determinados municípios, refletindo desigualdades estruturais e sociais. A região de Mossoró, curiosamente, apesar de ser o segundo município mais populoso do estado com relevantes papel econômico, apresentou índice de vulnerabilidade reduzidos em relação à região metropolitana.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

Entre as limitações deste estudo, destaca-se a dependência de dados secundários, cuja qualidade e atualização fogem ao controle dos pesquisadores. Como a análise se baseia em homicídios oficialmente registrados, é possível que ocorrências não documentadas – ou sequer conhecidas pelas autoridades – tenham ficado de fora, comprometendo parcialmente a completude da base. Para pesquisas futuras, recomenda-se a inclusão de novos critérios que ampliem a dimensão da vulnerabilidade, bem como a replicação da metodologia em outros estados, considerando que os padrões criminais variam conforme as realidades sociais e econômicas locais.

Este trabalho contribui ao campo da segurança pública ao integrar ferramentas de análise espacial (GIS) com métodos de apoio à decisão multicritério (MCDA), permitindo identificar espacialmente os municípios mais vulneráveis à violência letal. Assim, este estudo traz insights mais detalhados sobre o cenário da segurança pública no Rio Grande do Norte que podem suportar o direcionamento de ações de planejamento e prevenção no contexto da segurança pública.

Para estudos futuros, sugere-se o refinamento da unidade de análise para escalas mais detalhadas, como bairros ou setores censitários, o que pode ampliar a precisão diagnóstica. Além disso, recomenda-se incorporar variáveis com maior variação temporal e investigar com mais profundidade o aumento pontual da vulnerabilidade observado em 2022 no sudeste do estado, a fim de compreender fenômenos locais que escapam às tendências gerais.

Agradecimentos
Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo auxílio financeiro proveniente da Chamada Universal 2023 (405167/2023-7).

Referências

Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association – LISA. *Geography Analysis*, 27:93–115.

Bezerra, L. J. N., Melo, S. R. S. e Melo, F. V. S. (2012). A evolução da violência homicida no Nordeste brasileiro e no estado de Pernambuco: fatores socioeconômicos que mais se relacionam com as altas taxas de homicídios. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*.

Bittencourt, M. B., & Teixeira, A. N. (2022). Estrutura socioeconômica e homicídios intencionais contra jovens nas metrópoles brasileiras. *Dilemas: Revista de Estudos de Conflito e Controle Social*, 15(3), 827–857.

Cerqueira, D. R. D. C., Bueno, S., Lima, R. S. D., Neme, C., Ferreira, H. R. S. A., Alves, P. P., ... e Armstrong, K. C. (2019). *Atlas da violência 2019*.

Chainey, S., e Ratcliffe, J. (2013). *GIS and crime mapping*. John Wiley & Sons.

Cohen, L. E., & Felson, M. (1979). Social change and crime rate trends: A routine activity approach. *American Sociological Review*, 44(4), 588–608.

Eck, J., Chainey, S., Cameron, J., e Wilson, R. (2005). *Mapping crime: Understanding hotspots*.

Figueiredo, C.; Mota, C. (2019) Learning Preferences in a Spatial Multiple Criteria Decision Approach: An Application in Public Security Planning. International Journal of Information Technology & Decision Making, [*s. l.*], vol. 18, no. 04, p. 1403–1432.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2022). https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/panorama. Acesso em 2025-04-10.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA); Fórum Brasileiro de Segurança Pública. (2023). *Atlas da violência 2023*. Brasília: IPEA; FBSP. Disponível em: https://www.ipea.gov.br. Acesso em: 2025-04-17.

Jannuzzi, P. M., Miranda, W. L. e Silva, D. S. G. (2009). Análise Multicritério e Tomada de Decisão em Políticas Públicas: Aspectos Metodológicos, Aplicativo Operacional e Aplicações. *Informática Pública*, 11:69–87.

Justus, M., & Reis, J. G. dos. (2010). Dinâmica temporal da criminalidade: Mais evidências sobre o efeito inércia nas taxas de crimes letais nos estados brasileiros. In *Anais do 38º Encontro Nacional de Economia – ANPEC*. Salvador: ANPEC.

Lo, C. C., Howell, R. J., e Cheng, T. C. (2013). Explaining Black–White differences in homicide victimization. *Aggression and Violent Behavior*, 18:125–134.

Passos, N. dos S. (2022). A investigação dos homicídios no Brasil. *Revista Brasileira de Segurança Pública*, 16(2), 202–219.

Plassa, W., Paschoalino, P. A. T. e Santos, M. P. (2019). Determinantes socioeconômicos das taxas de homicídios no Nordeste brasileiro: uma análise espacial. *Planejamento e Políticas Públicas*, 53:480–504.

Portella, A. P., Galvão, C., Abath, M., & Ratton Jr., J. L. de A. (2011). Análise configuracional de homicídios: Velhas e novas situações de violência letal contra as mulheres em Recife. *Dilemas: Revista de Estudos de Conflito e Controle Social*, 4(3), 403–439.

Sampaio, M. A. S., Silveira, G. A. M., Irffi, G. D., Sales, I. B. e Pereira, M. E. L. (2021). Análise espacial dos homicídios no Nordeste em 2010 e 2019. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, 15:558–578.

Saraiva, M., Amante, A., Sá Marques, T., Ferreira, M., & Maia, C. (2021). Perfis territoriais de criminalidade em Portugal (2009–2019). *Finisterra*, 56(116), 49–73.

Shaw, C. R., & McKay, H. D. (1942). *Juvenile delinquency and urban areas*. University of Chicago Press.

Souza, E. R. D., e Lima, M. L. C. D. (2006). Panorama da violência urbana no Brasil e suas capitais. *Ciência & Saúde Coletiva*, 11:1211–1222.

Mota, C. M. de M.; Figueiredo, C. J. J. de; Pereira, D. V. e S. (2021) Identifying areas vulnerable to homicide using multiple criteria analysis and spatial analysis. Omega, [*s. l.*], vol. 100, p. 102211.

Pereira, D. V. S., Figueiredo, C., Mota, C. M. M., & Rosa, A G. F. (2018). Análise de vulnerabilidade a homicídios em um bairro. Anais do SBPO, 2018.

Waiselfisz, J. J. (2015). *Mapa da violência 2015: Adolescentes de 16 e 17 anos do Brasil*. Rio de Janeiro: Faculdade Latino-Americana de Ciências Sociais – FLACSO.

Zaluar, A. (2004). *Integração perversa: pobreza e tráfico de drogas*. FGV Editora.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212363
https://proceedings.science/p/212363?lang=pt-br