

**Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional
Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser**

Textos Para Discussão FEE

Texto n.º143

**Investigação de padrões criminais e de indicadores de segurança
para os municípios do Rio Grande do Sul, por meio de técnicas
estatísticas multivariadas**

Renan Xavier Cortes

Porto Alegre, março de 2016



SECRETARIA DO PLANEJAMENTO, MOBILIDADE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Secretário: Cristiano Tatsch



**Fundação de
Economia e
Estatística**

DIRETORIA

Presidente: Igor Alexandre Clemente de Moraes

Diretor Técnico: Martinho Roberto Lazzari

Diretora Administrativa: Nóra Angela G. Kraemer

CENTROS

Estudos Econômicos e Sociais: Vanclei Zanin

Pesquisa de Emprego e Desemprego: Rafael Bassegio Caumo

Informações Estatísticas: Juarez Meneghetti

Informática: Valter Helmuth Goldberg Junior

Informação e Comunicação: Susana Kerschner

Recursos: Graziela Brandini de Castro

TEXTOS PARA DISCUSSÃO

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pela FEE, ou de interesse da instituição, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões. Todas as contribuições recebidas passam, necessariamente, por avaliação de admissibilidade e por análise por pares. As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Fundação de Economia e Estatística.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte.

Reproduções para fins comerciais são proibidas.

<http://www.fee.rs.gov.br/textos-para-discussao>

Investigação de padrões criminais e de indicadores de segurança para os municípios do Rio Grande do Sul, por meio de técnicas estatísticas multivariadas*

Renan Xavier Cortes**

Pesquisador em Estatística, Graduado em Estatística pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), mestre em Estatística pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), doutorando em Economia do Desenvolvimento pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e Coordenador do Núcleo de Dados e Estudos Conjunturais na Fundação de Economia e Estatística (FEE)

Resumo

O presente estudo propõe-se a estudar e discutir o processo criminal dos principais delitos no Rio Grande do Sul, entre os anos de 2002 a 2014. Foi identificado que a maior quantidade de ocorrências é em furtos e roubos e que os crimes de furtos, tanto de bens quanto de veículos, estão mais relacionados com municípios litorâneos. Com o uso de análises estatísticas multivariadas, um método para um indicador de criminalidade foi proposto e estimado para o ano de 2014 e reproduzido para 2013, porém não fornecendo resultados satisfatórios devido à alta sensibilidade das suas estimativas.

Palavras-chave

Criminalidade; análise multivariada; análise fatorial

Abstract

This paper aims at analyzing and discussing the criminal process of the main offenses in the State of Rio Grande do Sul between 2002 and 2014. It was identified that thefts and robberies top the list and that both thefts of goods and car thefts are more related to coast cities. By using multivariate statistical analysis, a method to construct a criminal indicator was proposed and estimated for 2014 and reproduced for 2013, however, failing to provide satisfactory results due to the high sensibility of the estimates.

Keywords

Criminality; multivariate analysis; factorial analysis

Classificação JEL: C1, C3, D00, K420

* Revisora de Língua Portuguesa: Elen Jane Medeiros Azambuja

** E-mail: renan@fee.tche.br

1 Introdução

O estudo da criminalidade possui um amplo campo de investigação sociológica e econômica. O fato de esse fenômeno afetar diretamente o cotidiano das pessoas, fazendo com que mudanças de hábitos usuais e escolhas racionais sejam adotadas, como modificações de meios de transporte, privações de consumo de lazer, gastos em segurança particular, entre outros, gera uma forte demanda por parte da população no combate ao crime. Os agentes econômicos envolvidos, principalmente o Estado, necessitam alocar esforços a fim de diminuir ao máximo a incidência de crime em determinados espaço e tempo. Um aprofundamento do estudo da criminalidade e da violência do Rio Grande do Sul mostra-se necessário, uma vez que a formulação e a avaliação de políticas públicas para sua prevenção e/ou redução têm como principal agente funcional o Governo estadual.

Economicamente, de acordo com Becker (1974), o crime pode ser visto como um processo de tomada de decisão, que relaciona sua gratificação com as possíveis consequências de sua punição. O modelo do autor é baseado na escolha racional microeconômica, em que o valor esperado da utilidade do delinquente é relacionado com a probabilidade latente de ele ser pego. O modelo de Becker é descrito como

$$E(U) = pU(Y - f) + (1 - p)U(Y),$$

onde U representa a função utilidade do indivíduo, p é a probabilidade subjetiva de ser pego, Y representa o rendimento oriundo do crime e f são multas e punições, caso o delinquente seja pego ou condenado.

No ramo sociológico, o estudo da criminalidade e do comportamento delinquencial vem sendo estudado há muitos anos e possui uma vasta literatura. Algumas obras afirmam que a criminalidade e a violência ocorrem por fatores de natureza econômica: privação de oportunidades, desigualdade social e marginalização. Dentre as inúmeras teorias de que se faz uso para explicar o comportamento criminal, encontram-se a Teoria das Janelas Quebradas, segundo a qual o delito e a desordem urbana estão conectados, as Teorias Patológicas, que acreditam que o indivíduo possui propensão biológica à criminalidade e a Teoria Situacional do Crime, que diz que as oportunidades mais fáceis ou tentadoras convidam para a tomada de decisão racional da ação criminosa, como citado anteriormente. Além dessas, uma das principais teorias que se destacam é a Teoria da Desorganização Social, desenvolvida por Shaw e McKay (1942). Analisando uma série histórica de mais de 30 anos de crimes e comportamentos delinquentes, os autores verificaram que não somente crimes, mas diversos problemas sociais relacionavam-se com um ambiente de desorganização social. Essa teoria estabelece que o processo de urbanização não planejado ajuda a compreender o comportamento dos indivíduos inseridos na sociedade. O surgimento de enclaves urbanos (como favelas e áreas de ocupação desordenada) favorece a ocorrência de um ambiente de oportunidade criminal diferenciada (SUTHERLAND; CRESSEY; LUCKENBILL, 1992).

A literatura sobre indicadores criminais também possui diversos estudos. Cortes (2014), por exemplo, estudou o comportamento da evolução de capitais e regiões metropolitanas brasileiras de 1980 a 2010 e identificou padrões de redução após a aplicação de políticas públicas de combate à criminalidade, mensurados por meio das taxas de homicídios, a partir de um método Bayesiano. Nesse trabalho, foi identificado que os vizinhos de primeira ordem das capitais brasileiras apresentavam um padrão ascendente com defasagem, após

o aumento das capitais, mostrando que o padrão homicida afeta municípios adjacentes. Monteiro (2009) analisou dados de ocorrências criminais do Rio Grande do Sul (RS), a fim de criar indicadores criminais baseados em métodos multivariados e espaciais, indicando uma necessidade de análise multicriminal, por meio de medidas que reduzam a dimensionalidade, e propôs um índice de criminalidade geral. Williams e Gedeon (2004) classificaram 100 cidades norte-americanas, utilizando também métodos estatísticos multivariados, e identificaram variáveis que são mais salientes na discriminação entre cidades seguras e perigosas.

O objetivo deste trabalho é, então, estudar e identificar padrões de criminalidade no RS, por meio de dados municipais de múltiplos tipos de crimes, utilizando técnicas de análise estatística multivariada. Serão abordados a criação de indicadores de segurança, a identificação de grupos de crimes e os padrões de aglomerações em cidades gaúchas.

2 Base de dados

A base de dados utilizada compila informações criminais de ocorrências disponíveis pela Secretaria de Segurança Pública do Estado do RS (RIO GRANDE DO SUL, 2015). Os dados da Secretaria englobam um universo de tempo que remete ao intervalo 2002-14, com periodicidade anual, detalhamento do município onde ocorreu o delito e o tipo de crime registrado. Os 13 crimes analisados possuem uma grande variedade em sua natureza, tanto no grau de violência quanto no tipo de atentado (contra a pessoa, o patrimônio, etc.) e são os seguintes: homicídio doloso, furto, furto de veículo, roubo, latrocínio, roubo de veículo, extorsão, extorsão mediante sequestro, estelionato, delitos relacionados à corrupção¹, delitos relacionados a armas e munições², posse de entorpecentes e tráfico de entorpecentes.

Do ponto de vista do modelo de escolha racional de Becker (1974), excetuando-se os crimes de homicídio doloso e posse de entorpecentes, é natural pensar que os delitos que aumentam mais a utilidade do agressor são aqueles com os quais o retorno financeiro é mais gratificante. Além disso, do ponto de vista da Teoria Situacional do Crime, pode-se verificar que os furtos são crimes relacionados com a identificação de oportunidade pelo delinquente para cometer o ato criminoso.

Os dados analisados referem-se às notificações de ocorrências dos 496 municípios do RS, no período 2002-14, para algumas análises descritivas e para as análises multivariadas. Para a investigação de modelos multivariados, utilizou-se o ano de 2014 e, para a verificação de mudança no padrão dos crimes entre anos, fez-se a validação comparativa com os dados de 2013. A justificativa deve-se ao fato de que vários modelos foram construídos a fim de identificar um melhor ajuste a um ano específico (2014) para, então, validá-lo em um ano anterior (2013). Taxas de criminalidade que verificam o quociente do número de crimes sobre a população também foram calculadas, utilizando estimativas da Fundação de Economia e Estatística (FEE)³. Quanto à informação do número de veículos dos municípios, utilizada para o cálculo de taxas de crimes contra veículos,

¹ Corrupção ativa ou passiva, peculato e concussão.

² Porte ilegal de arma de fogo de uso permitido, omissão de cautela de arma de fogo, disparo de arma de fogo, comércio ilegal de arma de fogo de uso permitido e posse ou porte ilegal de arma de fogo de uso restrito.

³ Website: <www.fee.rs.gov.br>.

como furto e roubo, a base de dados é oriunda do Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul (Detran-RS).

É sabido, da literatura, que a criminalidade, quando analisada sob a ótica do número de ocorrências, pode sofrer com problemas de subnotificações. Segundo Kahn (2005), para que um crime faça parte das estatísticas oficiais, são necessárias três etapas: detecção, notificação e registro no boletim de ocorrência. No entanto, o baixo percentual de registro (estimado em um terço) é relacionado com o nível de confiança da população no sistema judiciário, por isso, é difícil conhecer com precisão a quantidade de crimes que ocorrem (RAMOS, 2012). Por outro lado, tendo em vista que o objetivo da construção do indicador é a avaliação da conjuntura social para a tomada de decisão para políticas públicas, a ocorrência criminal constitui-se em uma estatística útil, uma vez que grande parte de toda a apuração do inquérito demora anos para ser finalizada. Além disso, para se ter uma ideia, no caso dos homicídios, o agressor possui uma grande probabilidade de sair impune, conseqüentemente, aumentando a ponderação de $U(Y)$ na sua função de utilidade, uma vez que, especificamente em Porto Alegre, a estimativa de resolução de homicídios por meio da finalização do inquérito é baixa.

3 Estatísticas descritivas

Nas Tabelas 1 e 2, estão presentes as estatísticas descritivas da população e o número de ocorrências dos crimes enumerados no capítulo anterior, para os anos de 2013 e 2014 respectivamente. Nessas duas tabelas, a cidade responsável pelos valores máximos de ocorrências, ilustrados nas últimas colunas, é a capital do Estado, Porto Alegre. Nota-se que os furtos são os crimes que representam a maioria dos delitos, seguidos dos roubos. No entanto, o que mais chama a atenção nas Tabelas 1 e 2 é o excesso de zeros nas medianas e nos quartis da maior parte dos crimes. Esse fato se traduz na esparsidade da matriz dos dados, pois grande parte do rol de crimes é de baixa frequência. Conseqüentemente, em conjunto com a alta discrepância dos desvios-padrão, é esperado que ocorra uma variabilidade heterogênea entre os crimes, tanto em valor absoluto quanto em taxa.

Tabela 1

Estatísticas descritivas de indicadores selecionados do RS— 2013

VARIÁVEL	MÉDIA	DESVIO-PADRÃO	MÍNIMO	1 QUARTIL	MEDIANA	3 QUARTIL	MÁXIMO
População	21.853,15	76.857,37	1.233,00	2.937,50	5.660,50	14.440,75	1.424.618,00
Roubos	105,86	908,81	0,00	1,00	3,00	15,00	19.173,00
Roubo de veículo	24,17	297,30	0,00	0,00	0,00	2,00	6.489,00
Latrocínio	0,26	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00
Homicídio doloso	3,90	23,32	0,00	0,00	0,00	2,00	463,00
Furtos	335,36	1.736,16	2,00	21,00	48,50	180,00	35.853,00
Extorsão mediante sequestro	0,04	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00
Furto de veículo	34,04	205,52	0,00	0,00	2,00	9,00	3.910,00
Estelionato	34,90	232,19	0,00	1,00	3,00	15,00	4.921,00
Extorsão	0,85	4,92	0,00	0,00	0,00	0,00	98,00
Tráfico de entorpecentes	20,32	144,69	0,00	0,00	0,00	5,00	3.080,00
Posse de entorpecentes	30,81	109,06	0,00	0,00	1,00	10,25	1.278,00
Delitos relacionados à corrupção	1,00	6,39	0,00	0,00	0,00	1,00	110,00
Delitos relacionados a armas e munições	14,95	52,62	0,00	1,00	3,00	10,00	942,00

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Secretaria de Segurança Pública do RS (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Tabela 2

Estatísticas descritivas de indicadores selecionados do RS — 2014

VARIÁVEL	MÉDIA	DESVIO-PADRÃO	MÍNIMO	1 QUARTIL	MEDIANA	3 QUARTIL	MÁXIMO
População	21.953,09	77.217,44	1.239,00	2.937,00	5.630,00	14.485,50	1.429.746,00
Roubos	124,11	1.138,84	0,00	1,00	3,00	14,00	24.308,00
Roubo de veículo	27,73	320,41	0,00	0,00	0,00	2,00	6.936,00
Latrocínio	0,28	1,42	0,00	0,00	0,00	0,00	26,00
Homicídio doloso	4,71	28,99	0,00	0,00	0,00	2,00	570,00
Furtos	340,62	1.800,54	2,00	22,00	50,50	194,25	37.432,00
Extorsão mediante sequestro	0,07	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00
Furto de veículo	38,17	218,77	0,00	1,00	2,00	10,00	4.075,00
Estelionato	34,65	233,98	0,00	1,00	3,00	13,00	4.974,00
Extorsão	0,84	3,82	0,00	0,00	0,00	0,00	70,00
Tráfico de entorpecentes	19,91	134,08	0,00	0,00	0,00	6,00	2.831,00
Posse de entorpecentes	27,15	79,99	0,00	0,00	1,00	11,00	842,00
Delitos relacionados à corrupção	0,58	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00	52,00
Delitos relacionados a armas e munições	15,64	56,09	0,00	1,00	4,00	10,25	1.010,00

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Secretaria de Segurança Pública do RS (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Tendo em vista a heterogeneidade populacional dos 496 municípios do Estado, as posteriores análises serão feitas por meio de taxas multiplicadas por 100.000. Como já dito, no caso dos crimes de furto de veículo e roubo de veículo, as taxas foram calculadas utilizando a frota de veículos de passageiros disponibilizada pelo Detran-RS e, portanto, a taxa criminal do município i do crime j será dada por

$$Taxa_{i,j} = \frac{N^{\circ} \text{ de Ocorrências}_{i,j}}{População_i} \times 100.000$$

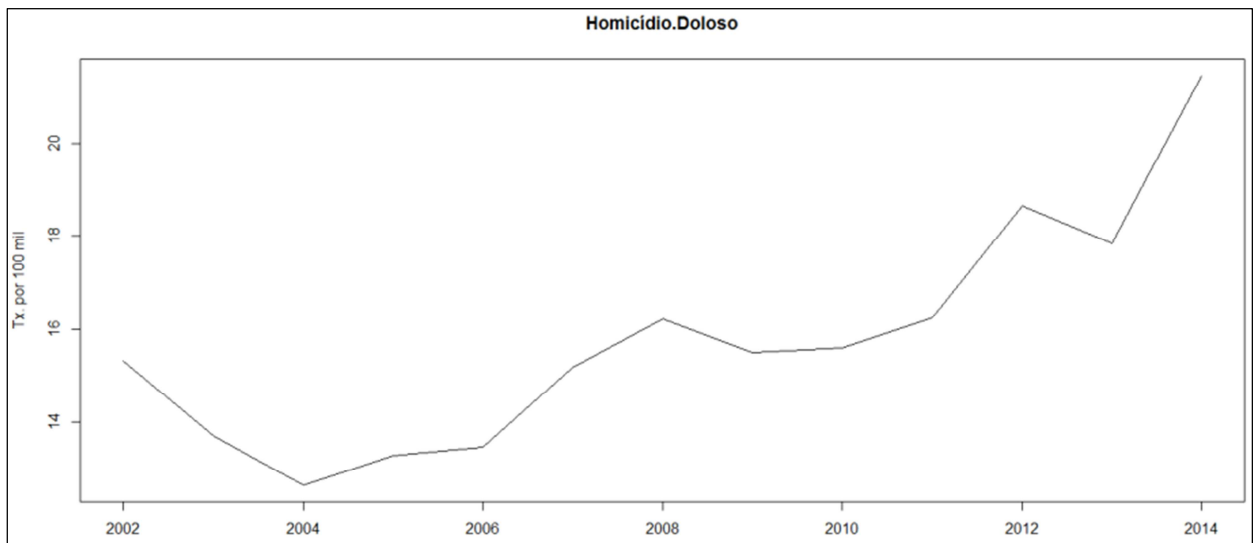
$$Taxa \text{ de Roubo de Veículo}_i = \frac{N^{\circ} \text{ de Ocorrências de Roubo de Veículo}_i}{N^{\circ} \text{ de Veículos de Passageiros}_i} \times 100.000$$

$$Taxa \text{ de Furto de Veículo}_i = \frac{N^{\circ} \text{ de Ocorrências de Furto de Veículo}_i}{N^{\circ} \text{ de Veículos de Passageiros}_i} \times 100.000.$$

Em estudos de criminalidade, o principal delito abordado é o homicídio. Essa categoria, apesar de representar uma menor proporção em relação aos demais crimes patrimoniais, gera uma forte demanda, por parte da população, para políticas de controle e prevenção, tendo em vista a sua gravidade. A Figura 1 representa a evolução anual da taxa de homicídio doloso no Estado e, a partir dela, nota-se uma clara tendência ascendente, mais acentuada nos últimos anos.

Figura 1

Evolução do homicídio doloso no RS — 2002-14

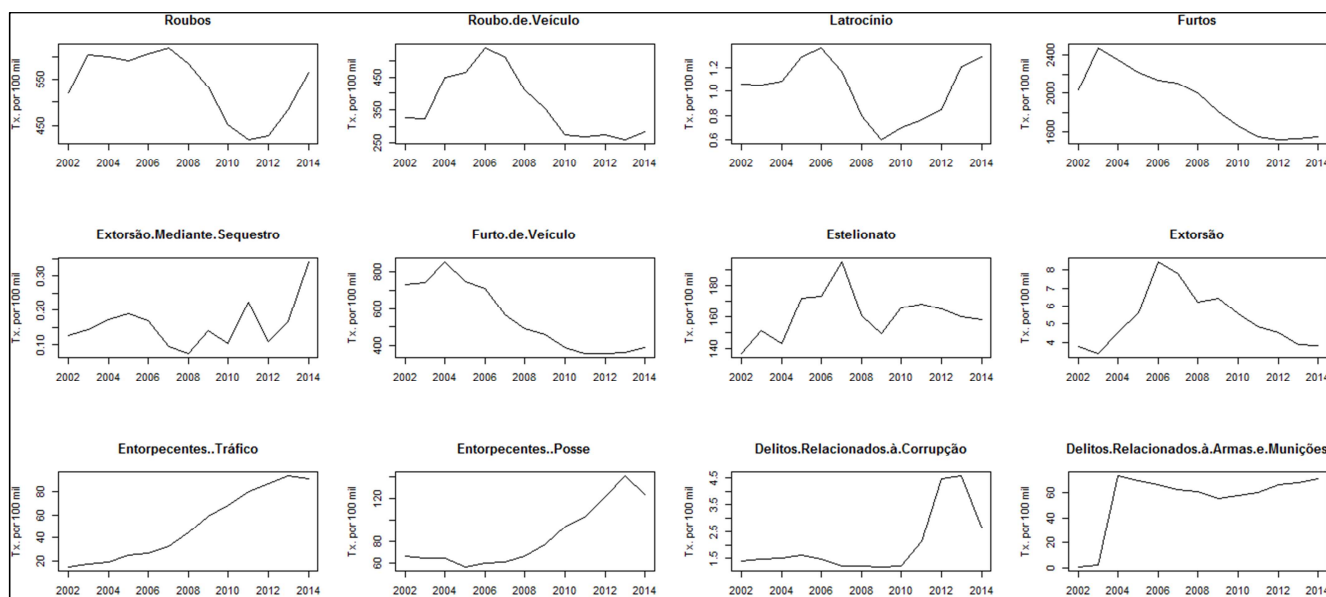


NOTA: Elaboração do autor.

Analisando a Figura 2, verifica-se a evolução anual, entre os anos de 2002 e 2014, de todo o conjunto dos demais crimes selecionados. A principal característica que se pode notar é a discrepância dessa evolução nos diferentes crimes do Estado. Outro fator que também deve ser levado em consideração é a diferença de magnitude da ocorrência criminal, já citada anteriormente, tendo em vista a grande diferença de escala gráfica do eixo vertical. Pode-se verificar que o furto representa a categoria de crime com maior escala, com uma média anual de aproximadamente dois mil, chegando a ter um pico de mais de 2.400 casos por 100.000 habitantes em 2003 e, posteriormente, sofrendo uma queda. Por outro lado, pode-se ver que o crime de latrocínio representa a escala mais reduzida, apresentando valores próximos de 1 caso anual por 100.000 habitantes.

Figura 2

Evolução anual de 12 crimes selecionados do RS — 2002-14

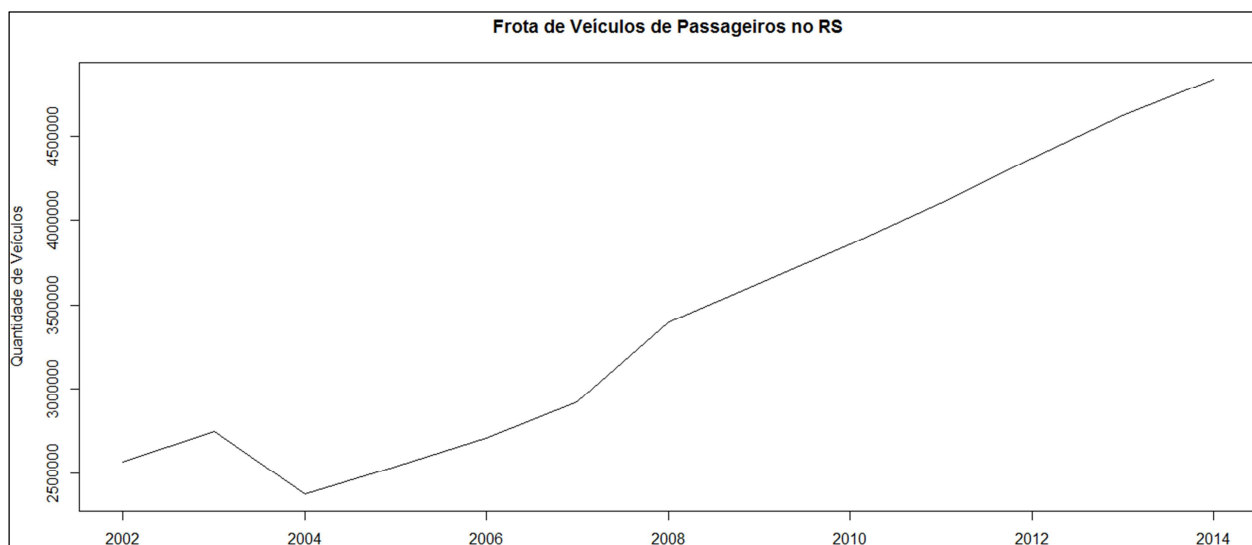


NOTA: Elaboração do autor.

Crimes de roubos e latrocínio apresentam uma queda em formato de “U” entre os anos de 2007 e 2014; crimes de furtos, uma tendência decrescente a partir de 2003; extorsão mediante sequestro, posse e tráfico de entorpecentes, delitos relacionados a armas e munições e corrupção, uma tendência clara crescente, enquanto os crimes de estelionato e extorsão mostram um pico entre 2006 e 2007. Uma característica interessante que se deve levar em consideração é a queda nos crimes de roubo e de furto de veículos, aproximadamente entre os anos de 2006 e 2008. Uma vez que essas taxas são calculadas por meio da frota de veículos no Estado, urge entender a dinâmica temporal dessa frota, que é apresentada na Figura 3.

Figura 3

Número de veículos de passageiros no RS — 2002-14



NOTA: Elaboração do autor.

Nessa figura, verifica-se claramente a tendência crescente do número de veículos, chegando a mais de 4,8 milhões no ano de 2014, muito provavelmente por causa das políticas de redução de impostos, como o Imposto Sobre Produtos Industrializados (IPI), para o setor automotivo, pelo Governo federal em 2008, elucidando-se as motivações para a queda abrupta das taxas de furtos e roubos de veículos, verificada na Figura 2.

No que tange aos dados municipais, uma análise-padrão separada foi realizada para os anos de 2013 e de 2014. Para todos os crimes analisados, tem-se a Tabela 3, para ambos os anos.

Tabela 3

Desvios-padrão das taxas criminais do RS — 2013-14

VARIÁVEL	DESVIO-PADRÃO	
	2013	2014
Roubos	159,62	180,65
Roubo de veículo	87,33	102,53
Latrocínio	2,72	4,61
Homicídio doloso	17,07	14,21
Furtos	655,14	651,35
Extorsão mediante sequestro	1,76	1,00
Furto de veículo	167,77	175,73
Estelionato	63,78	66,81
Extorsão	5,83	4,71
Tráfico de entorpecentes	52,71	48,16
Posse de entorpecentes	109,08	102,73
Delitos relacionados à corrupção	15,01	7,44
Delitos relacionados a armas e munições	54,51	58,01

FONTES DOS DADOS BRUTOS: Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul (2015).
Fundação de Economia e Estatística (2015).
Secretaria de Segurança Pública (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Tendo em vista que as técnicas multivariadas posteriores serão realizadas utilizando-se as taxas criminais, é interessante verificar seus valores de variabilidade. A Tabela 3 apresenta os desvios-padrão das taxas de cada crime para 2013 e 2014, e nota-se que seus valores possuem magnitudes muito distintas. Os desvios-padrão da variável furto, por exemplo, representam cerca de quatro vezes mais do que os desvios do furto de veículos, que possui a segunda maior variabilidade, característica que, inevitavelmente, deve ser contemplada com a padronização, para garantir comparabilidade entre os crimes.

Os Quadros 1 e 2 apresentam o *ranking* dos municípios pelas taxas criminais, para alguns crimes selecionados, permitindo, assim, identificar quais são os municípios com as maiores taxas para os anos de 2013 e 2014 respectivamente.

Quadro 1

Municípios com maiores taxas nos principais crimes, no RS — 2013

POSIÇÃO	ROUBOS	ROUBO DE VEÍCULO	LATROCÍNIO	HOMICÍDIO DOLOSO	FURTOS	FURTO DE VEÍCULO
1º	Porto Alegre	Porto Alegre	Silveira Martins	São José do Herval	Xangri-lá	Balneário Pinhal
2º	Esteio	Novo Hamburgo	Pedro Osório	São José do Inhacorá	Imbé	Cidreira
3º	Alvorada	Canoas	Terra de Areia	Itapuca	Arroio do Sal	Tramandaí
4º	Sapucaia do Sul	São Leopoldo	Santa Clara do Sul	Nicolau Vergueiro	Cidreira	Novo Hamburgo
5º	Pelotas	Alvorada	Pantano Grande	Braga	Tramandaí	Campo Bom

FONTES DOS DADOS BRUTOS: Secretaria de Segurança Pública (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Quadro 2

Municípios com maiores taxas nos principais crimes, no RS — 2014

POSIÇÃO	ROUBOS	ROUBO DE VEÍCULO	LATROCÍNIO	HOMICÍDIO DOLOSO	FURTOS	FURTO DE VEÍCULO
1º	Porto Alegre	Porto Alegre	Muliterno	Alvorada	Xangri-lá	Balneário Pinhal
2º	Alvorada	Novo Hamburgo	Bom Progresso	Balneário Pinhal	Arroio do Sal	Cidreira
3º	Sapucaia do Sul	Canoas	Cerro Grande	Barra do Guarita	Imbé	Tramandaí
4º	Esteio	Campo Bom	Coronel Barros	Santa Cecília do Sul	Tramandaí	Campo Bom
5º	Canoas	Cachoeirinha	Turuçu	Porto Vera Cruz	Cidreira	Novo Hamburgo

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Secretaria de Segurança Pública do RS(RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Nota-se que a rotatividade é baixa para os delitos que possuem uma magnitude maior, como roubos, roubo de veículo, furtos e furto de veículo, e praticamente as mesmas cidades aparecem em ambos os anos, como é o caso de Porto Alegre, Alvorada, Sapucaia, Esteio para roubos; Porto Alegre, Novo Hamburgo e Canoas para roubo de veículos; Xangri-lá, Imbé, Cidreira, Arroio do Sal e Tramandaí para furtos; e Balneário Pinhal, Cidreira, Tramandaí, Campo Bom e Novo Hamburgo para furto de veículos.

Nessa análise, ficam claros alguns aspectos: crimes que possuem caráter de violência interpessoal, como roubo e roubo de veículos, são característicos de cidades com maior grau de urbanização, como Porto Alegre, Alvorada e Canoas. Tal característica pode ser associada ao fato de que grande parte desses delitos decorre da desorganização social e nos enclaves urbanos dessas cidades, as quais produzem um ambiente favorável à prática criminosa. Grandes centros urbanos possuem múltiplas interações sociais de diversas classes sociais, culturais e etárias, propiciando um comportamento delinquencial interpessoal e, conseqüentemente, maiores taxas de roubos.

Com relação aos crimes de furto, acredita-se que grande parte dos registros de ocorrência se dá quando o patrimônio suprimido possui valor significativo para a vítima. Em geral, os furtos pequenos (bolsas, celulares, relógios, etc.) que ocorrem em centros urbanos não são registrados pelas vítimas, talvez por descrença no sistema judiciário em punir o infrator ou pela falta de disposição de se dirigir a uma delegacia por objetos de menor valor. No entanto, em cidades litorâneas, como Xangri-lá, Cidreira, Tramandaí e Imbé, tanto as taxas de furto quanto as de furtos de veículos são relativamente maiores. Isso pode se relacionar ao fato de que, devido ao componente sazonal, grande parte das residências litorâneas fique vazia ao longo do ano, propiciando, conforme a Teoria das Janelas de Oportunidade, a subtração ilícita de bens, sem que haja relação interpessoal com a vítima. Nesse caso, muitas vezes, o roubo representa valor mais significativo, o que, conseqüentemente, ameniza o problema de subnotificação de registro e coloca essas cidades no topo da lista. Todas essas características geográficas podem ser visualizadas nos mapas presentes na Figura A.1, no **Apêndice**.

4 Metodologia

Nesta seção, será abordada a construção de indicadores de criminalidade, por meio do estudo da estrutura de variabilidade das ocorrências criminais, utilizando-se técnicas estatísticas de análise multivariada. Os métodos empregados são basicamente a decomposição das matrizes de covariâncias e correlações, através de Componentes Principais e Análise Fatorial. A fim de reduzir o escopo do estudo, essas técnicas serão estudadas e avaliadas para o ano de 2014 e, uma vez definidas, replicadas para o ano de 2013.

A análise de componentes principais toma p variáveis X_1, X_2, \dots, X_p e estima suas combinações, produzindo os componentes Y_1, Y_2, \dots, Y_p , de forma que

$$Y_k = \alpha_{k,1}X_1 + \alpha_{k,2}X_2 + \dots + \alpha_{k,p}X_p,$$

onde $k \leq p$ sujeito a restrição

$$\alpha_{k,1}^2 + \alpha_{k,2}^2 + \dots + \alpha_{k,p}^2 = 1, \quad k = 1, \dots, p.$$

Observa-se que os componentes Y_k produzem combinações lineares das p variáveis originais, o que pode originar um escore de cada componente para cada elemento amostral.

$$Y_{i,k} = \alpha_{k,1}X_{i,1} + \alpha_{k,2}X_{i,2} + \dots + \alpha_{k,p}X_{i,p}, \quad i = 1, \dots, n,$$

onde i representa os municípios do RS.

Para encontrar tanto as variâncias associadas a cada componente como os coeficientes das combinações lineares, a técnica dos componentes faz uso da matriz de covariância das variáveis. As variâncias dos componentes principais são os autovalores dessa matriz, e os coeficientes $\alpha_{k,1}, \dots, \alpha_{k,p}$ são os autovetores associados. A matriz de covariância é simétrica e tem a forma

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \dots & \sigma_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{p1} & \dots & \sigma_{pp} \end{pmatrix},$$

onde σ_{ij} é a covariância da variável i com a variável j .

Uma característica dos autovalores λ_i , que justifica a decomposição a fim de reduzir a variabilidade total, é que sua soma é igual à soma dos elementos da diagonal principal da matriz de covariância

$$\lambda_1 + \dots + \lambda_p = \sigma_{11} + \dots + \sigma_{pp}.$$

No entanto, tendo em vista que a análise de componentes principais que utiliza a matriz de covariância possui sensibilidade nas variâncias originais dos dados, ela pode ser obtida por meio das variáveis em estudo padronizadas, isto é, com as variáveis tendo média zero e desvio-padrão unitário. Nesse caso, os autovetores estarão associados com a matriz

$$\rho = \begin{pmatrix} 1 & \dots & \rho_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{p1} & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

e as componentes geradas nesse caso serão

$$Z_k = \beta_{k,1} \left(\frac{X_1 - \mu_1}{\sigma_1} \right) + \beta_{k,2} \left(\frac{X_2 - \mu_2}{\sigma_2} \right) + \dots + \beta_{k,p} \left(\frac{X_p - \mu_p}{\sigma_p} \right),$$

onde μ_i e σ_i representam a média e o desvio-padrão da variável i respectivamente.

A análise fatorial também é construída a partir das matrizes de covariância ou correlação teóricas em que os m fatores comuns são desconhecidos. Ela é uma espécie de generalização do método de componentes principais, e sua estimação pode ser de diversas maneiras, como, por exemplo, por intermédio dos componentes principais propriamente ditos, da máxima verossimilhança ou dos mínimos quadrados. Sua construção teórica é dada pela seguinte estruturação dos m fatores:

$$\begin{aligned} Z_1 &= l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\ Z_2 &= l_{21}F_1 + l_{22}F_2 + \dots + l_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\ Z_p &= l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pm}F_m + \varepsilon_p, \end{aligned}$$

onde l_{ij} representa a carga fatorial do componente Z_i e fator F_j e $m \leq p$. Uma das vantagens da análise fatorial, tendo em vista que o número de componentes a ser estimado é fixo, é a possibilidade de verificar que proporção de variabilidade de cada variável individual está sendo contemplada na estimação, por meio de uma medida chamada **comunalidade**. A comunalidade é uma medida da proporção de variância explicada que cada variável original tem sobre uma decomposição estabelecida proveniente de uma Análise Fatorial. Além disso, existe a possibilidade de as cargas fatoriais estimadas l_{ij} sofrerem uma rotação de seus valores, priorizando uma direcionada interpretação desses valores, sem afetar a estimação e a proporção de variância que a decomposição está representando.⁴

Neste trabalho, combinações dessas metodologias foram utilizadas a fim de encontrar um conjunto de variáveis plausível para explicar a estrutura de variância das taxas das ocorrências criminais descritas.

5 Estimação de métodos multivariados

Primeiramente, realizou-se uma análise de componentes principais, utilizando a matriz de covariâncias nas 13 taxas criminais, e verificou-se que a primeira componente carrega 88,14% da variabilidade total dos dados. O motivo dessa grande proporção de explicação se deve ao fato já comentado a partir da Tabela 3. Como a variabilidade das taxas de furto possui uma magnitude maior frente aos demais crimes, a variância total é mais afetada por esses delitos, e isso se reflete nas cargas fatoriais obtidas pelo autovetor na decomposição. A Tabela 4 mostra que o crime de furto possui um valor de -0,999 e, conseqüentemente, maior importância do que os outros crimes.

Para superar a limitação da sobreposição de variabilidade do furto frente aos demais crimes, foi realizada uma análise de componentes principais na matriz de correlações das taxas, o que implicou mudanças substanciais nos valores das cargas fatoriais, que podem ser conferidos na Tabela 5.

⁴ Para maiores informações sobre a Análise de Componentes Principais e a Análise Fatorial, ver Johnson e Wichern (2007).

Tabela 4

Autovetor da primeira componente, a partir da matriz de covariância, para crimes selecionados, no RS — 2014

CRIME	$\alpha_{1,i}$
Roubos	0,004
Roubo de veículo	-0,009
Latrocínio	0,000
Homicídio doloso	0,000
Furtos	-0,999
Extorsão mediante sequestro	0,000
Furto de veículo	-0,033
Estelionato	-0,010
Extorsão	0,000
Tráfico de entorpecentes	-0,004
Posse de entorpecentes	-0,028
Delitos relacionados à corrupção	0,000
Delitos relacionados a armas e munições	0,006

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul (2015).
 Fundação de Economia e Estatística (2015).
 Secretaria de Segurança Pública (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Tabela 5

Autovetores associados à matriz de correlações das taxas criminais do RS — 2014

CRIME	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
Roubos	0,35	-0,09	0,05	-0,40	0,14	-0,31	0,17	0,12	-0,11	0,60	0,06	0,05	-0,41
Roubo de veículo	0,42	-0,06	0,20	-0,30	-0,07	-0,12	-0,03	-0,31	0,15	-0,28	0,38	-0,53	0,20
Latrocínio	0,01	0,30	-0,37	-0,16	-0,46	-0,22	-0,13	-0,28	-0,61	0,02	-0,03	0,06	0,13
Homicídio doloso	0,16	-0,12	-0,28	0,26	0,53	-0,46	0,03	-0,34	-0,04	-0,29	0,13	0,33	-0,04
Furtos	0,23	0,49	0,22	0,35	-0,20	0,15	0,39	-0,10	-0,03	-0,18	0,17	0,05	-0,50
Extorsão mediante sequestro	0,19	-0,40	-0,33	-0,05	-0,01	0,32	0,31	0,43	-0,38	-0,28	0,30	0,00	0,00
Furto de veículo	0,40	-0,21	0,19	0,07	-0,33	-0,07	0,38	-0,07	0,15	0,03	-0,34	0,40	0,43
Estelionato	0,26	0,34	0,30	-0,34	0,18	0,09	-0,40	0,32	-0,09	-0,29	0,04	0,45	0,09
Extorsão	0,23	-0,14	-0,30	-0,11	-0,05	0,60	-0,26	-0,46	0,23	0,16	0,06	0,26	-0,18
Tráfico de entorpecentes	0,45	0,03	-0,25	0,14	0,06	-0,02	-0,23	0,18	0,01	-0,18	-0,64	-0,37	-0,21
Posse de entorpecentes	0,32	0,23	-0,07	0,51	0,14	0,09	-0,19	0,17	-0,08	0,47	0,30	-0,11	0,41
Delitos relacionados à corrupção	-0,01	0,29	-0,53	-0,15	-0,22	-0,22	0,10	0,31	0,60	-0,05	0,19	0,09	0,04
Delitos relacionados a armas e munições	0,05	-0,41	0,16	0,30	-0,47	-0,28	-0,48	0,15	0,05	-0,05	0,23	0,13	-0,29

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul (2015).
 Fundação de Economia e Estatística (2015).
 Secretaria de Segurança Pública (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

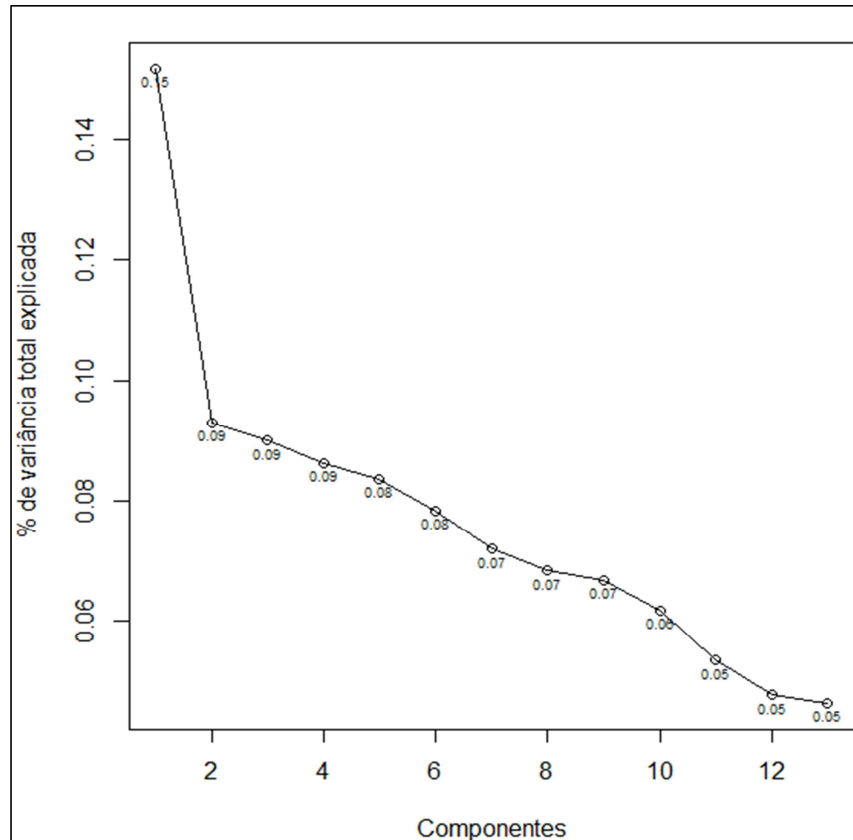
NOTA: C significa componente.

A decomposição por meio da matriz de correlações contornou o problema de dominância dos crimes de grande variabilidade; no entanto, essa decomposição afeta substancialmente também a proporção de variabilidade explicada de cada componente, que, nessa análise, se encontra mais diluída entre as combinações, como pode ser verificado na Figura 4. Nela, vê-se que a primeira componente representa apenas 15% da variabilidade total dos dados, enquanto as componentes restantes representam uma proporção com menor expressão, com valores entre 5% e 9%. Realizando essa análise visual gráfica, é plausível assumir que, nesse conjunto de crimes, a quantidade de dois componentes é o mais indicado, uma vez que a redução de variabilidade explicada após a adição da terceira componente não reduz substancialmente a proporção explicada

e, portanto, não se justifica. Conseqüentemente, a decomposição das 13 variáveis criminais em duas componentes explica 24,48% da variabilidade total dos dados.

Figura 4

Proporção de variabilidade explicada por componente



NOTA: Elaboração do autor.

Tendo em vista que a escolha de duas componentes para decompor a variabilidade total de 13 variáveis criminais possui baixa parcela de explicação, com o valor de 24,48%, foi de interesse investigar o aumento de parcimônia do modelo, verificando possíveis exclusões de variáveis criminais que possuem pouco poder discriminativo na decomposição. Para isso, foi realizada uma análise fatorial, estimada por meio de componentes principais, com $m = 2$, para verificar as comunalidades de cada variável, a fim de excluir alguns crimes. Na Tabela A.1, do **Apêndice**, pode-se observar as comunalidades de cada variável dessa investigação e notar que os delitos relacionados a armas e munições, extorsão, latrocínio, corrupção e homicídio doloso são os que possuem menor proporção de variância explicada pela decomposição. Uma vez que latrocínio e homicídio doloso representam delitos violentos, que geram maior repercussão e comoção social, em virtude de sua gravidade e por estarem sujeitos a penas mais elevadas pelo código penal brasileiro, optou-se por manter esse par de crimes, ao passo que os demais três crimes citados foram excluídos da análise.

Como consequência da exclusão desse trio de delitos, a reestimação de componentes principais foi realizada de maneira mais satisfatória, resultando em 30,83% de variabilidade total dos dados. As cargas fatoriais das duas principais componentes geradas podem ser analisadas graficamente por meio do gráfico *biplot*.

como violentos. Na segunda componente, verifica-se que existe uma diferença de sentido no sinal da carga fatorial entre roubos, roubos de veículo, homicídio doloso, extorsão mediante sequestro, furto de veículo e tráfico de entorpecentes, em relação aos crimes de latrocínio, furtos, estelionato e posse de entorpecentes, em que o primeiro grupo de crimes possui cargas fatoriais positivas, e o grupo subsequente, cargas negativas. Apesar de, nessa estimativa, o furto de veículo estar no grupo criminal violento, e do latrocínio, no grupo dos crimes não violentos, pode-se entender os escores fatoriais dessa segunda componente como sendo um indicador municipal de índice de crimes violentos. Segundo essa visão, os municípios que apresentam os maiores valores têm tendência a apresentar um padrão criminal mais violento com suas vítimas, e municípios com valores menores possuem um padrão criminal menos violento. Cidades como Campina das Missões, Mostardas, Sapucaia do Sul, Tramandaí e Arroio dos Ratos apresentaram os maiores valores nessa componente em 2014 respectivamente.

Por fim, o *biplot* apresenta as setas destacadas em vermelho, que subsidiam uma análise que relaciona a afinidade das variáveis originais com os municípios gaúchos. Os crimes de furto de veículos, tráfico de entorpecentes e roubo de veículos possuem altas taxas em Esteio, Canoas e Novo Hamburgo, por exemplo, como pode ser visto no lado esquerdo do gráfico. Analisando sob a ótica da segunda componente, na extremidade superior do gráfico, verifica-se a presença do Município de Campina das Missões, que, além de já citado, apresentou um elevado valor na segunda componente, puxado principalmente pelos crimes de extorsão mediante sequestro, assim como o Município de Mostardas. Por outro lado, no canto inferior esquerdo do gráfico, nota-se um aglomerado de cidades litorâneas, como Torres, Xangri-lá e Imbé, com os quais os indicativos dos crimes de posse entorpecentes, estelionato e furtos possuem uma relação.

Após a definição desse modelo, que inclui um conjunto de 10 crimes para explicar a variabilidade criminal de 2014, ele foi replicado para o ano de 2013, a fim de verificar se a mesma metodologia iria provocar mudanças substanciais nos valores e conclusões. Os valores das duas primeiras componentes da decomposição, que correspondem a 30,3% de variabilidade total dos dados em 2013, podem ser verificados na Tabela 6.

Tabela 6

Autovetores do modelo estimado para crimes selecionados do RS — 2013

CRIMES	C1	C2
Roubos	-0,397	-0,091
Roubo de veículo	-0,439	0,173
Latrocínio	-0,131	-0,400
Homicídio doloso	-0,173	-0,659
Furtos	-0,266	0,307
Extorsão mediante sequestro	0,033	-0,134
Furto de veículo	-0,390	-0,012
Estelionato	-0,312	0,454
Tráfico de entorpecentes	-0,414	-0,222
Posse de entorpecentes	-0,332	-0,015

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul (2015).
Fundação de Economia e Estatística (2015).
Secretaria de Segurança Pública (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

NOTA: C significa componente.

Na Tabela 6, verificam-se algumas características similares com o modelo estimado para o ano de 2014, além do fato de a proporção de 30,3% de variabilidade ser próxima a do modelo do ano anterior. A primeira componente pode ser analisada novamente como uma espécie de índice geral de criminalidade municipal,

enquanto a segunda componente discrimina dois grupos. Nela, o grupo com cargas fatoriais positivas corresponde aos crimes de roubo de veículos, furtos e estelionato, e o grupo com valores negativos refere-se aos crimes de roubos, latrocínio, homicídio doloso, extorsão mediante sequestro, furto de veículo, tráfico e porte de entorpecentes. No entanto, a similaridade de interpretação dessa segunda componente ficou mais comprometida, uma vez que os grupos com características de crimes violentos e não violentos estão mais misturados, causando, assim, uma diferença mais substancial concernente ao ano de 2014.

Uma das justificativas para essa mudança entre os dois anos pode ser o trio de crimes escolhido em 2014, que foi retirado para a estimação. Uma vez que as comunalidades em 2014 apontaram um baixo grau discriminativo para delitos relacionados à corrupção, a armas e munições e à extorsão, as que estão presentes na Tabela A.2, do **Apêndice**, indicam que, no ano de 2013, os crimes que não apresentam parcela de variabilidade contemplada são: extorsão mediante sequestro, extorsão e delitos relacionados à corrupção.

6 Conclusão

O presente artigo introduz o tema da criminalidade no Rio Grande do Sul, analisando-o por meio de um levantamento descritivo das ocorrências dos principais crimes entre os anos de 2002 e 2014, no Estado e em seus municípios. À exceção dos crimes contra veículos automotores, que foram relativizados pela frota, todas as ocorrências criminais foram divididas pela população municipal em taxas por 100 mil habitantes.

Foi verificada a possibilidade da criação de indicadores de criminalidade via métodos estatísticos multivariados, reduzindo a multidimensionalidade de todos os crimes através de poucas combinações lineares entre eles. Os métodos empregados para o ano de 2014 apresentaram resultados satisfatórios no que tange às interpretações sociológicas concernentes a um índice geral de criminalidade e a outro índice, que discrimina, de certa forma, os crimes entre violentos e não violentos. No entanto, o método apresentou uma relevante limitação, uma vez que explicou apenas aproximadamente 30% da variabilidade total dos dados originais e não demonstrou um bom poder de reprodutibilidade para o ano de 2013, devido ao seu critério de retirada dos crimes, baseado nas comunalidades de um ano específico, o que sugere melhorias em sua abordagem.

Futuramente, é de interesse avaliar aprimoramentos dos métodos apresentados. Primeiramente, as variáveis de delitos relacionados a armas e munições e delitos relacionados à corrupção e extorsão foram retiradas devido a uma específica característica de comunalidade para o ano de 2014, o que não se revelou uma boa maneira de exclusão para os demais anos, pois a estrutura de comunalidades muda substancialmente entre anos. Em segundo lugar, seria interessante contemplar fatores que levam em consideração a pena prevista em lei para cada crime, ponderando, assim, de alguma forma, as taxas de ocorrência. Além disso, uma abordagem alternativa também se mostraria imperativa. Tendo em vista que todos os métodos empregados padronizaram as variáveis com variância unitária, isto é, fizeram uso da matriz de correlações, a introdução das penas com a presente abordagem não mudaria em nada os seus resultados. Por fim, o estudo da criminalidade por meio dos métodos apresentados pode ser aplicado para as taxas gerais do Estado e também para o restante dos anos em estudo. No entanto, cabe ressaltar que estratégias alternativas podem gerar resultados mais satisfatórios do que os apresentados aqui.

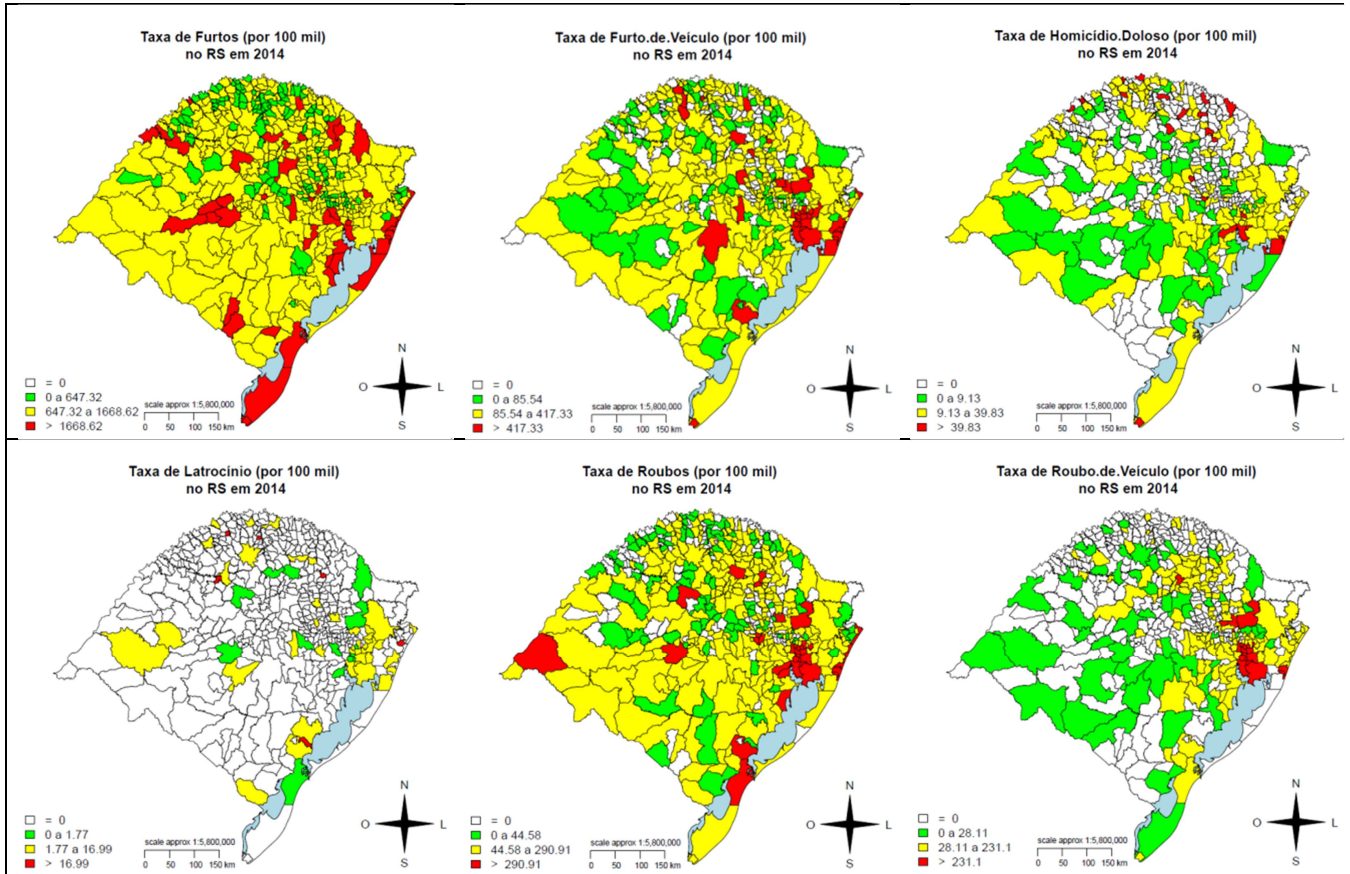
Referências

- BECKER, G. S. Crime and punishment: an economic approach. In: BECKER, G. S.; LANDES, W. M. (Ed.). **Essays in the economics of crime and punishment**. [S.l.]: NBER, 1974. P. 1-54.
- CORTES, R. X. **Estimando modelos dinâmicos utilizando o INLA para Campos Aleatórios Markovianos Não-Gaussianos**. 2014. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Estatística, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO RIO GRANDE DO SUL. 2015. Disponível em: <<http://www.detran.rs.gov.br/>>. Acesso em: 2016.
- FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA SIEGFRIED EMANUEL. 2015. Disponível em: <<http://feedados.fee.tche.br/feedados/>>. Acesso em: 2016.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6. ed. [S.l.]: Pearson. 2007.
- KAHN, T. **Estatística de criminalidade**: manual de interpretação. São Paulo: SSP/SP, 2005.
- MONTEIRO, J. B. **Indicador de criminalidade geral baseado em métodos multivariados e estatística espacial para controle e segurança pública do estado**. 2009. 85 f. Monografia (Trabalho de conclusão de Curso) - Bacharelado em Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- RAMOS, S. R. J. **Levantamento de indicadores socioeconômicos**: estudo de criminalidade frente à expansão do setor sucroalcooleiro no estado de Goiás. 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2012.
- SHAW, C. R.; MCKAY, H. D. **Juvenile delinquency in urban areas**. Chicago: University of Chicago, 1942.
- RIO GRANDE DO SUL. **Secretaria de Segurança Pública**. 2015. Disponível: <<http://www.ssp.rs.gov.br/?model=conteudo&menu=189>>. Acesso em: maio 2015.
- SUTHERLAND, E. H.; CRESSEY, D. R.; LUCKENBILL, D. F. **Principles of Criminology**. [S.l.]: AltaMira, 1992.
- WILLIAMS, K.; GEDEON, R. **A multivariate statistical analysis of crime rate in US Cities**. 2004. Disponível em: <<http://www.units.miamioh.edu/sumsri/sumj/2004/CrimeStats.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2016.

Apêndice

Figura A.1

Mapas de taxas criminais dos municípios do RS, para crimes selecionados — 2014



NOTA: Elaboração do autor a partir de dados da Secretaria de Segurança Pública do RS (RIO GRANDE DO SUL, 2015), Fundação de Economia e Estatística (2015) e Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul (2015).

Tabela A.1

Comunalidades de uma análise fatorial com dois fatores — 2014

CRIME	COMUNALIDADE
Tráfico de entorpecentes	0,394
Furtos	0,387
Furto de veículo	0,373
Roubo de veículo	0,360
Estelionato	0,270
Posse de entorpecentes	0,267
Extorsão mediante sequestro	0,264
Roubo	0,254
Delitos relacionados a armas e munições	0,205
Extorsão	0,127
Latrocínio	0,112
Delitos relacionados à corrupção	0,104
Homicídio doloso	0,065

FORNE DADOS BRUTOS: Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul (2015).
 Fundação de Economia e Estatística (2015).
 Secretaria de Segurança Pública (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Tabela A.2

Comunalidades de uma análise fatorial com dois fatores — 2013

CRIME	COMUNALIDADE
Estelionato	0,487
Roubo de veículo	0,387
Furto de veículo	0,378
Tráfico de entorpecentes	0,331
Homicídio doloso	0,312
Delitos relacionados a armas e munições	0,285
Roubos	0,283
Posse de entorpecentes	0,219
Furtos	0,198
Delitos relacionados à corrupção	0,117
Latrocínio	0,073
Extorsão	0,020
Extorsão mediante sequestro	0,003

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul (2015).
 Fundação de Economia e Estatística (2015).
 Secretaria de Segurança Pública (RIO GRANDE DO SUL, 2015).