



ALAP 2020

IX Congreso de la Asociación
Latinoamericana de Población



9 a 11 diciembre

EL ROL DE LOS ESTUDIOS DE POBLACIÓN TRAS LA PANDEMIA DE COVID-19 Y
EL DESAFÍO DE LA IGUALDAD EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Júlia Clétilei Magalhães da Silva, CEDEPLAR/UFMG

juliacletilei@gmail.com

Bernardo Lanza Queiroz, CEDEPLAR/UFMG

lanza@cedeplar.ufmg.br

Evolução do Perfil Espacial de Mortalidade de
Acidentes de Trânsito no Brasil e Microrregiões,
1996-2015

Resumo

OBJETIVO Discriminar os AT por sexo, dentre a faixa etária de 15 a 35 anos, e por microrregião para avaliar espacialmente e no tempo as taxas de mortalidade por AT nos períodos de 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015. Verificar se houve espalhamento ou não das taxas de mortalidade pelas microrregiões do país.

A hipótese é de que ao longo dos anos a mortalidade por AT esteja com uma dispersão espacial maior e fortemente relacionada com homens de idade entre os 15 a 35 anos. **MATERIAIS E MÉTODOS**

Os dados de óbito por AT são do SIM/DATASUS. Será necessário construir taxas de mortalidade por AT para homens e mulheres de 15 a 35 anos, por microrregião do país, para os 4 quinquênios adotados. Avaliar por análises descritivas e espaciais os mapas construídos com os estimadores calculados pelos métodos de Suavização Empírica de James-Stein e Mapas LISA Cluster, sendo eles o Estimador Empírico de Bayes Local, Índice de Moran e Índice Bayesiano Empírico.

RESULTADOS A distribuição espacial por sexo é de fato impactante. Homens e mulheres, entre os 15-35 anos, têm taxas de mortalidade por AT distintas e as mulheres bem mais baixas que os homens. Há uma dispersão espacial observada ao longo da série de 1996-2015 a nível de microrregião especialmente ligada às microrregiões menos favorecidas socioeconomicamente e uma tendência de queda nas taxas no geral. A heterogeneidade espacial é marcada pelo espalhamento das taxas de mortalidade por AT de forma que a mancha de aglomerados de microrregiões de altas taxas mostram uma tendência rumo ao Centro-Oeste e Nordeste ao longo da série 1996-2015. As taxas de mortalidade por AT das microrregiões do Sul e Sudeste, mesmo numericamente maiores, mostram queda ao longo dos quinquênios analisados. Esses fatos são especialmente mais significativos para mulheres.

CONTRIBUIÇÕES A relevância do estudo está em verificar como é a tendência de evolução das taxas de mortalidade por AT, por microrregião, ao longo de 1996-2015 no país mostrando que políticas públicas ligadas a segurança e saúde podem ajudar a reaver esse cenário. A queda das taxas, na maioria das microrregiões, é um sinal de alerta para que as políticas públicas de segurança viária e medidas coercitivas de trânsito mais eficazes continuem a zelar pela sociedade para conter o espalhamento e permanecer o cenário de queda, em especial naqueles locais socioeconomicamente desfavorecidos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à agência brasileira de fomento, Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte dado na produção deste artigo.

1 Introdução

A cada uma hora, cinco pessoas morrem em Acidentes de Trânsito (AT) no Brasil, segundo estatísticas do Conselho Federal de Medicina (CMF) para maio de 2019. "Mais de 1.6 milhão de pessoas ficaram feridas nos últimos 10 anos, ao custo de quase R\$ 3 bilhões ao Sistema Único de Saúde (SUS)"¹. Dentre as causas externas de mortalidade, os AT somam uma parcela significativa dos óbitos de jovens adultos, especialmente no Brasil, estando atrás apenas de homicídios por arma de fogo, segundo dados do Ministério da Saúde (MS).

Os AT têm sido, dentro das causas externas de mortalidade, uma das causas de morte e internação que mais se repetem e aumentam no dia a dia no mundo para todas as faixas etárias. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) o total de óbitos saiu de 19 para 23.4 por 100 mil habitantes de 2009 a 2016 só no Brasil. De janeiro de 2008 até janeiro de 2019, segundo os dados do Sistema de Informações Hospitalares (SIH), do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS), o valor gasto pelo SUS com esses atendimentos foi equivalente a R\$ 2.612.983.172,47; com 2.002.248 internações.

Essas perdas decorrem dos custos com tratamentos, incluindo reabilitação e investigação do acidente, bem como da redução e perda de produtividade. Os acidentes de trânsito custam à maioria dos países 3% do seu Produto Interno Bruto (PIB) segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) e o Organização Mundial de Saúde (OMS).

Com efeito, de acordo com a OMS, a cada ano, 1.35 milhão de pessoas vão a óbito por AT no mundo, constituindo-se na oitava causa de morte em todas as faixas etárias, sendo a principal entre indivíduos de 5 a 29 anos. A tendência varia espacialmente a nível regional e ao longo dos anos, também, conforme economia e políticas públicas, como mostra o relatório a respeito de AT na Europa [9]. Além disso, os índices de registro oficiais variam muito, especialmente nos países em desenvolvimento, muitas vezes subreportados, e trabalhos mostram os aumentos significativos quando analisados por métodos de recaptura de dados [1].

O impacto dos AT, portanto, gera consequências sociais e econômicas. Estudos como os de ladeiraecolegas sugerem tais impactos a nível de Unidade Federativa (UF) do Brasil. Já Pinheiro2020 analisa para pequenas áreas o impacto dos AT envolvendo motocicletas quanto a mortalidade e morbidade. Este trabalho não tem a intenção de analisar as estatísticas de internação, mas sim as de vítimas fatais por AT. Mesmo assim, essa medida dá uma noção de que os AT sugerem impactos significantes na economia e

¹ <https://g1.globo.com/carros/noticia/2019/05/23/a-cada-1-hora-5-pessoas-morrem-em-acidentes-de-transito-no-brasil-diz-conselho-federal-de-medicina.ghtml>

na saúde e que, por outro lado, esses setores também podem estar relacionados com a tendência de evolução nas taxas de mortalidade e sua variabilidade regional e temporal.

Mas, como é a distribuição espacial das taxas de mortalidade por AT ao longo do tempo para homens e mulheres, jovens adultos, e como avaliar a relevância de sua evolução? Quando analisados os AT em âmbito mundial, os números também são alarmantes. A nível global, a OMS e o Banco Mundial publicaram em 2004, em conjunto, o Relatório Mundial sobre Prevenção de Lesões Causadas pelo Trânsito ², que alerta para as consequências das lesões causadas por AT e apresenta estratégias de prevenção de acidentes.

O que ganha mais visibilidade aqui é a distribuição espacial dos AT e como objetivos mais específicos sua distribuição por sexo entre o grupo etário de 15 a 35 anos. Como já mencionado, a importância dos estudos espaciais na demografia vem ganhando espaço nos seus três pilares: migração, fecundidade e mortalidade [16]. Apesar de densidade, aspectos sociais e regionais já fazerem parte da demografia formal, [25] ressalta aspectos que facilitaram os estudos atuais como os avanços nas coordenadas geográficas.

Vale citar um estudo brasileiro recente em que [5] exploram a análise espacial para doenças cardiovasculares no país e mostram como é importante esse tipo de estudo e análise para averiguar os diferenciais de gênero e regionais. A nível de pequenas áreas, identificar áreas de risco e propor intervenções direcionadas à redução da mortalidade são mérito do mapeamento na demografia [7]. Essas propriedades do mapeamento motivam a averiguar os diferenciais para o caso de AT por sexo e para pequenas áreas, no caso microrregiões do Brasil. Nessa linha um estudo semelhante ao aqui proposto, [21], avalia para microrregiões os impactos de AT por motos e mostra que há um espalhamento das mortes no país, evidentemente em direção às microrregiões menos favorecidas socioeconomicamente.

Mapas de taxas são comumente utilizados para a análise da dispersão espacial do risco de ocorrência de um determinado evento. Um grande problema associado ao uso de taxas, no entanto, é a alta instabilidade que elas possuem para expressar o risco de eventos raros em regiões de população pequena, no caso algumas das microrregiões do Brasil. Alternativamente, é possível corrigir essas taxas por meio de taxas Bayesianas Empíricas, que utilizam informações de toda a região ou da vizinhança para estimar o risco de ocorrência do evento em cada área [8].

É interessante de se notar que os AT ocorrem em todo país e acometem homens e mulheres de formas diferentes, bem como visto na plataforma do IHME/GBD. Assim,

² https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=acidentes-e-violencias-086&alias=1490-relatorio-mundial-sobre-a-prevencao-das-lesoes-causadas-pelo-transito-sumario-0&Itemid=965

também, essa distribuição ocorre espacialmente de maneiras distintas e desigual por sexo e especialmente no Brasil ao longo dos anos como mostram [21, 23, 17]. A contribuição deste trabalho, inserido no contexto de causas externas, é o fato de poder avaliar para pequenas áreas, em especial as microrregiões do Brasil, o contexto espacial e temporal, na série 1996-2015, dos AT por sexo no país, diferentemente de outros trabalhos, como os citados anteriormente, que por vezes avaliam um ponto do tempo ou para o país como um todo.

De acordo com o tipo veículo, muitos AT resultam em morte, em ferimentos graves, ou em sequelas permanentes, em especial para o caso de motocicletas [21]. Este estudo é semelhante ao aqui proposto, também utiliza o DATASUS, mas envolvendo AT com apenas um tipo de veículo, no caso, motos, e um ponto no tempo, 2010, analisando espacialmente a nível de município. Nesses casos houve variabilidade regional tanto para internação quanto para mortalidade. Neste trabalho, visa-se analisar as tendências espaciais apenas da mortalidade, mas por microrregião, para homens e mulheres de 15 a 35 anos, por todos os tipos de veículo, para a série 1996 a 2015.

Somado a isso, estimando taxas de mortalidade por pequenas áreas e as comparando, com as devidas correções para comparabilidade, ao longo do tempo e espacialmente, além de verificar se há um padrão de mortalidade por análise espacial e tempo, pretende-se ver se os óbitos por AT estão concentrados em alguma parte do país ou se há um espalhamento a nível de microrregião e ao longo do período de análise, 1996-2015. Ressaltando que essa análise será para homens e mulheres entre os 15 a 35 anos. Nesse caso, é uma contribuição deste trabalho, verificar como as microrregiões são importantes, pois elas estão captando, indiretamente, informações sobre desenvolvimento econômico, demográficas e sociais, especialmente para os jovens.

Nessa linha de pesquisa, sabe-se que a mortalidade por AT vêm aumentando nas últimas décadas, especialmente para homens jovens de 15 a 35 anos, dada a relevância dos dados já descritos. Para tanto, o objetivo deste trabalho é construir estimativas mais robustas da mortalidade por AT, por microrregião e sexo. Depois verificar se há concentração em algumas microrregiões ou se os AT estão espalhados pelo país a nível de microrregião e ver se há uma tendência de queda nas taxas de mortalidade por AT ao final da série 1996-2015 e como são as diferenças por sexo.

Além disso, analisar a distribuição espacial e no tempo da mortalidade por AT e, possivelmente, relacionar isso ao nível de desenvolvimento e condições econômicas do país [21, 22]. Estudos espaciais de AT são importantes para se propor políticas de saúde e segurança públicas como cita [11].

O objetivo aqui é, entre o grupo de 15 a 35 anos, discriminar os AT por sexo, discriminar os AT por microrregião (unidade de análise) e avaliar as taxas de mortalidade

por AT espaciamente em 4 grandes grupos sendo eles 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015 como um dos mecanismos para evitar parte das flutuações aleatórias e facilitar a interpretação dos resultados na série de 20 anos, 1996-2015. A importância do estudo está em indicar para pequenas áreas possíveis tendências e padrões do comportamento das taxas de mortalidade por AT no período tanto para homens como para mulheres jovens, direcionando políticas públicas e talvez captando relações com o desenvolvimento socioeconômico.

Demais ajustes nos dados de óbito e população são necessários para a construção de taxas de mortalidade por AT comparáveis aos níveis desejados, em se tratando de pequenas áreas. As estimativas geradas serão taxas de mortalidade específicas por idade, sexo e microrregião; Taxas de mortalidade suavizadas por Bayes Empírico de James-Stein; e Mapas Local Indicators of Spatial Association (LISA) Cluster. Essas estimativas serão importantes para se atingir o objetivo do trabalho eliminando possíveis efeitos de flutuações aleatórias e problemas de pequenas áreas.

Em segundo lugar, as estimativas geradas serão indicativos de direcionamento de políticas capazes de conter ou minimizar os efeitos dos AT, que têm se tornado um problema de saúde pública, como reforçado por [13]. Aliado a isso, refletir sobre medidas coercitivas de trânsito no período 1996 a 2015 como pano de fundo nas mudanças das taxas de mortalidade por AT.

2 Métodos

Os dados são da base SIM, do DATASUS, Ministério da Saúde ³, pelo qual se obteve as estatísticas de óbito por Acidentes de Trânsito, variáveis V01 a V99, do Capítulo XX, referente a Causas Externas, da Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID-10), também conhecida como Classificação Internacional de Doenças.

A população por sexo foi obtida pelas estísticas dos Censos extraídos do IBGE, estatísticas de contagem referente a 2015, por meio do DATASUS ^{4 5}, por microrregião do IBGE ⁶, para homens e mulheres, incorporando as faixas etárias 10 a 14 anos, 15 a 19 anos, 20 a 24 anos, 25 a 29 anos, 30 a 34 anos, nos períodos analisados, sendo eles de 1996 a 2015. Os AT considerados foram os obtidos por local de ocorrência, conforme [23] e [7] sugerem a devida relevância. A base de dados estudada tem 786.257 casos de AT observados, sendo 639.936, 81% de homens e 146.295 de mulheres, aproximadamente 19%,

³ <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/ext10br.def>

⁴ <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popbr.def> - para 1996-1999

⁵ <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?novapop/cnv/popbr.def> - para 2000-2015

⁶ http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/Brasil/BR/

tendo, também 26 (0.000033%) missing de sexo, em óbito por AT, que foram ignorados devido a irrelevância estatística.

Os dados foram organizados e manipulados nos softwares R (versão 3.6.1) e Geoda (versão 1.14.0) essencialmente. Optou-se pelos anos de 1996 a 2015 devido a disponibilidade dos dados equandrados no mesmo Capítulo da CID-10, não havendo necessidade de compatibilidade de bases. A medida de agrupamento dos 20 anos em 4 quinquênios, 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015, é uma medida cabível para amenizar a presença de óbitos iguais a zero numa microrregião no intervalo de tempo analisado [5].

Cabe dizer que a decisão de agrupamento da série de 20 anos em 4 quinquênios também é utilizada em um trabalho de análise espacial, mas este visando explorar a distribuição de doenças cardiovasculares pelo Brasil [5]. Minimizando as flutuações aleatórias assim em um primeiro momento é importante, porque a estimativa das taxas se torna mais precisa ao minimizar a porcentagem de zeros em óbito existente em alguns anos quando vistos separadamente. Outro ponto a salientar é a melhoria na observação de tendências e padrões quando em 4 intervalos de tempo, ao passo que análises de ano em ano se tornariam massantes, sendo pouco resolutivas e conclusivas.

A faixa etária selecionada foi de 15 a 35 anos, para homens e mulheres, por microrregião do Brasil. Essa faixa etária foi construída a partir das idades simples fornecidas pelo SIM, de forma a agrupá-las entre a idade mínima de 15 anos e máxima de 35. É importante ressaltar que, devido ao recorte etário, não houve necessidade de padronização a nível de idade entre os anos, uma vez que a mortalidade por AT foi comparada como taxa específica de morte para esse grupo de idade e assumiu-se o pressuposto de estrutura etária estável de 1996-2015, por microrregião do Brasil.

Para entender melhor a espacialização dos AT ao longo dos 15 anos da série, estimou-se o estimador Bayes Empírico local James-Stein operacionalizado por [15]. O estimador recalculta as taxas de mortalidade por AT localmente, utilizando somente os vizinhos geográficos da área na qual se deseja estimar a taxa, convergindo em direção a uma média local em vez de uma média global [8]. Aqui definiu-se como vizinhança $k=10$ vizinhos. A definição foi feita com base em testes do estimador gerado pelo Geoda e sua resposta de estimativa percentual de "não-zeros" na nova base de taxas de mortalidade por AT, agora suavizadas, calculadas. A Suavização Bayes Empírico é um passo importante para tentar entender o objetivo proposto eliminando demais vieses aleatórios e estimativas "zeros" geradas.

A decisão da utilização de estimativas baseadas em Estatística Bayesiana Empírica é pautada, de modo geral, em um trade-off entre diminuição da variância e a inclusão de viés. A redução da variância é obtida à medida que as estimativas de pequenas áreas

convergem para os valores observados em outras localidades. Na literatura de distribuição espacial de doenças e outras causas de morte há uma séire de trabalhos que utilizam estimadores Bayes Empírico para lidar com a flutuação aleatória em pequenas áreas. Neste trabalho, optou-se, a princípio, por trabalhar com taxas específicas de mortalidade observadas entre 15 e 35 anos, pressupondo que a estrutura etária dos jovens ao longo dos anos e pelas microrregiões se manteve estável ao longo da série 1996-2015.

Os efeitos de flutuação aleatória ao longo do tempo é observável para pequenas áreas [4]. A taxa calculada pelo estimador de Bayes Empírico de James-Stein, diminui a variabilidade das estimativas ao restringir a flutuação aleatória ocasionada pelos eventos raros. Essa taxa, contudo, pode ser ainda mais aprimorada com a inclusão de efeitos espaciais de vizinhança em seus cálculos, também incorporada neste trabalho através dos Mapas LISA Cluster [7].

A identificação da presença de padrões espaciais foi realizada a partir de indicadores locais de autocorrelação espacial. A construção dos Mapas de Cluster é importante para o dimensionamento da localização dos dados espaciais. Medidas de espacialidade apresentam importantes implicações no modo como as informações devem ser tratadas na análise estatística e um dos efeitos espaciais da localização é a dependência espacial. Análise de Clusters ou agrupamento de dados é o conjunto de técnicas de prospeção de dados que visa fazer agrupamentos automáticos de dados segundo o seu grau de semelhança em função da distância, no caso a vizinhança sobreposta ao risco de AT, definida aqui como $k=10$ vizinhos.

Os mapas chamados de Local Indicator of Spatial Association (LISA) Cluster dão um dimensionamento da variabilidade espacial por meio da concentração de taxas de mortalidade por AT cerceadas de uma vizinhança de taxas de mesmo padrão ou não. Verifica-se por meio deles possíveis tendências de deslocamento de aglomerados de microrregiões que mantém altas taxas de mortalidade por AT e vizinhança também com altas taxas, ou um padrão inverso baixo-baixo. Pode ser também que microrregiões apresentem altas ou baixas taxas de mortalidade por AT e a vizinhança se comporta no sentido oposto. Revela-se assim as tendências espacial e temporal desejadas como propósito desta dissertação.

Cada observação em um mapa LISA dá uma indicação da extensão de agrupamento espacial de valores semelhantes em torno dessa observação. A soma de LISAs para todas as observações é proporcional a um indicador global de associação espacial. Para se construir os mapas LISA Cluster são necessários calcular o Índice de Moran Local (I) proposto por [3] e o Empirical Bayes Index (EBI), Índice Bayesiano Empírico, proposto por [4].

3 Resultados

Após a construção de taxas de mortalidade por AT observadas, para homens e mulheres de 15-35 anos, aplicou-se a Suavização Bayes Empírico de James-Stein. As estimativas suavizadas e mais robustas permitiu a aplicação do método de Autocorrelação Espacial por Clusters. A opção dessa análise, vale salientar, foi escolhida para fins de a partir da definição da vizinhança ($k=10$ vizinhos), verificar como se deu o espalhamento verificado na suavização por Bayes Empírico apresentada acima das taxas de mortalidade por AT, por microrregião, homens e mulheres, de 15 a 35 anos, para a série 1996 a 2015.

A Figura 1 mostra os mapas Cluster com base nos LISAs estimados para as microrregiões brasileiras, construídos a partir das taxas de mortalidade por AT para homens. Fica nítida a presença de aglomerados de microrregiões com taxas de mortalidade por AT elevadas e de aglomerados com taxas baixas.

A interpretação desses mapas pode ser feita de maneira a se entender que como Clusters de padrão alto-alto, tem-se microrregiões com taxas elevadas de mortalidade AT cercadas por vizinhos com a mesma característica. Os Clusters de padrão baixo-baixo indica a presença de microrregiões que, assim como seus vizinhos, apresentaram baixa taxa de mortalidade por AT para o quinquênio analisado. Os Clusters de padrão alto-baixo e baixo-alto mostram microrregiões que possuem taxas de mortalidade por AT internas e da vizinhança distintas.

O padrão alto-alto estava concentrado nas microrregiões do Sul e Sudeste e se espalhou ao longo da série. Por outro lado, o padrão baixo-baixo, antes característico da Região Norte e Nordeste, assumiu outros espaços inclusive das regiões mais desenvolvidas. O padrão alto-baixo, ou seja dentro da microrregião com altas taxas de mortalidade por AT e com vizinhança com baixas taxas, também se espalhou ao longo do território.

É possível observar que o padrão baixo-baixo é predominante nas microrregiões do Norte e Nordeste de 1996-2000 e o padrão alto-alto em microrregiões Sul e Sudeste para os homens. O padrão alto-alto vai se espalhando rumo às microrregiões do Centro-Oeste de 2001-2005 e 2006-2010 até atingir o Nordeste em 2011-2015. Já o baixo baixo começa a aparecer em microrregiões do Sudeste e Sul logo no 2º quinquênio e permanece até o 4º.

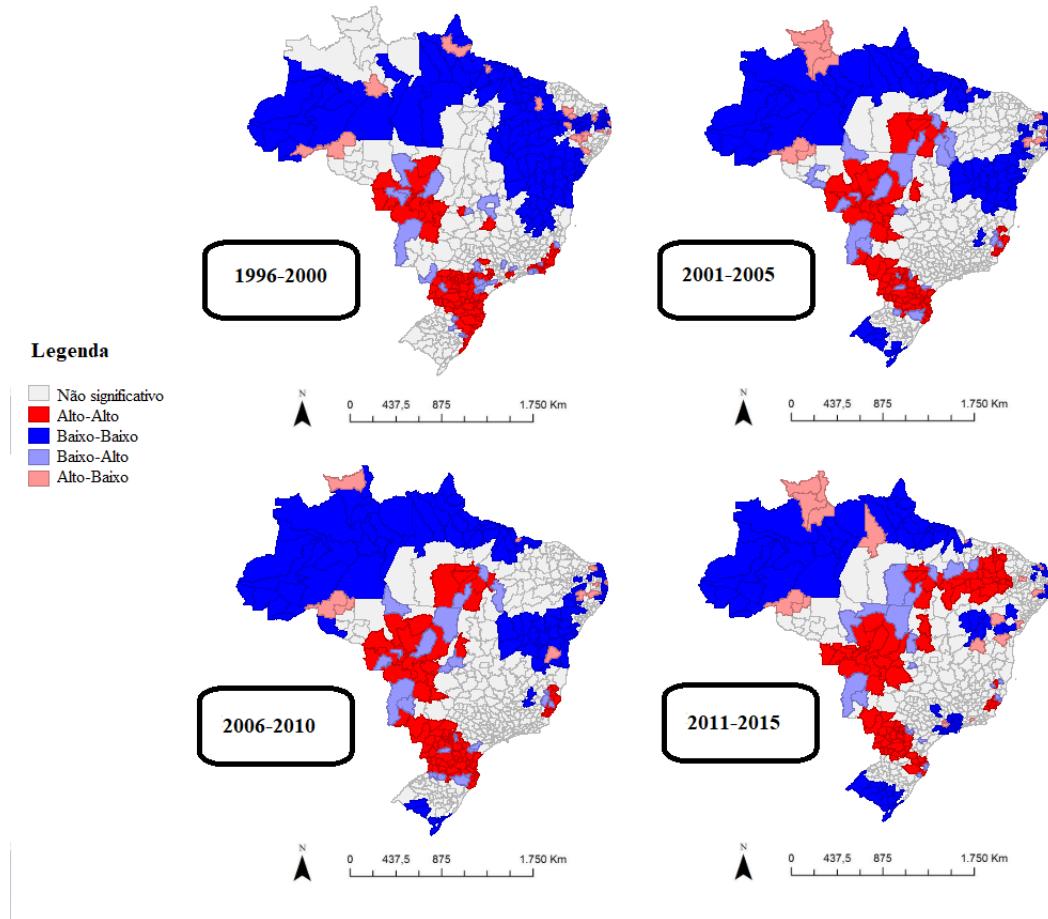


Figura 1 – MAPA LISA Cluster com EBI para Taxas de Mortalidade por AT, homens, 1996-2015, por Microrregião do Brasil, por 100.000 habitantes

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

Para as mulheres, enfim, o padrão alto-alto foi se concentrando na região Centro-Oeste a partir do 2º quinquênio analisado e o baixo-baixo se concentrou, evidentemente, no Norte e Nordeste. As microrregiões mais expressivas são do Centro-Oeste, mas, de toda forma, é claro o espalhamento das ocorrências por AT no Brasil ao longo de 1996-2015. É interessante notar que de 2011-2015 algumas microrregiões do Sul e Sudeste já apresentam padrão baixo-baixo. Vide Figura 2.

Diferentemente dos homens, as mulheres mostram uma tendência de espalhamento das taxas de mortalidade por AT especialmente em direção ao Centro-Oeste, mas se concentram por lá os padrões alto-alto. O Sul ainda mostra altas taxas também, enquanto as microrregiões do Nordeste permanecem com padrão baixo-baixo, ou seja com baixas taxas de mortalidade por AT dentro e na vizinhança estabelecida.

A presença dos distintos padrões de autocorrelação espacial observados nas taxas de mortalidade por AT, tanto para homens como para mulheres, mesmo estas tendo taxas percentualmente inferiores, pelas microrregiões brasileiras, indica que a localização

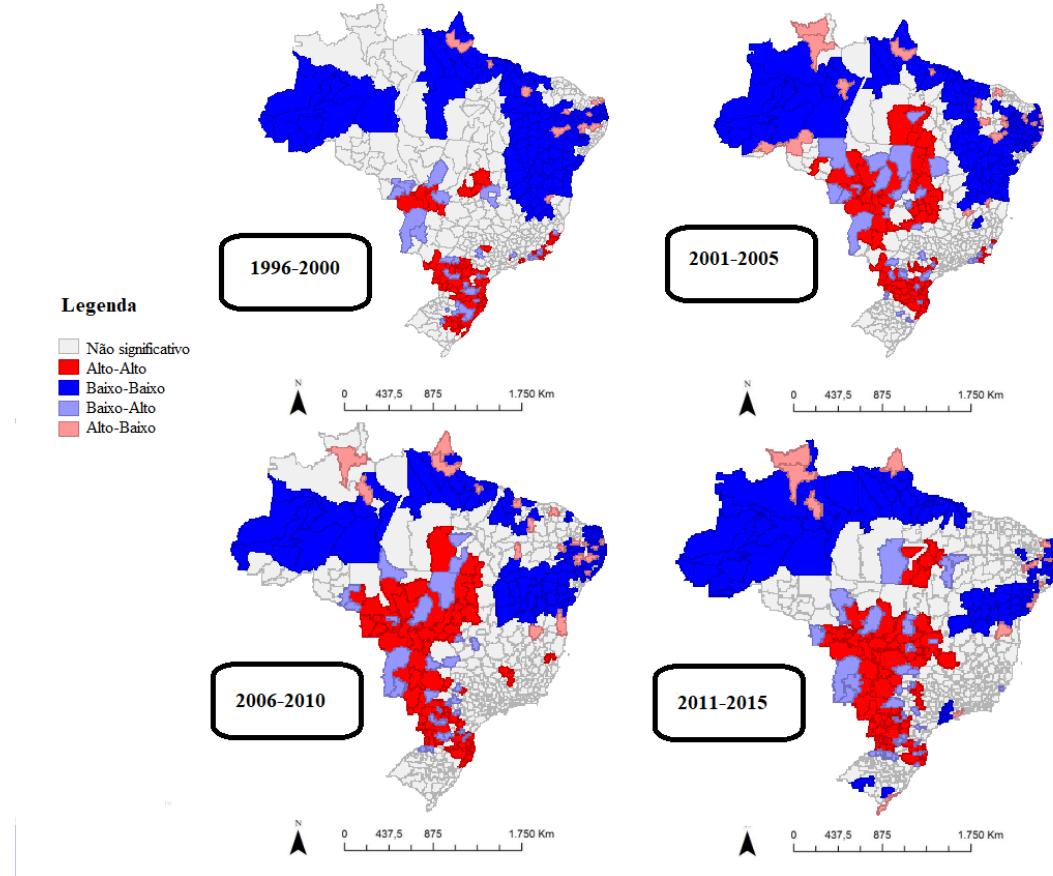


Figura 2 – MAPA LISA Cluster com EBI para Taxas de Mortalidade por AT, mulheres, 1996-2015, por Microrregião do Brasil, por 100.000 habitantes

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

absoluta e relativa das microrregiões pode influenciar no valor das taxas.

Neste sentido, pensando em possíveis passos seguintes a esta dissertação, a utilização de modelos estatísticos para a identificação de fatores causais das taxas de mortalidade no país, dependerá da incorporação do espaço como variável explicativa. Os resultados da inferência estatística não serão independentes da localização [3]. Sendo assim, se não incorporada a dimensão espacial, estes resultados podem ser viesados.

Quando discriminamos os AT por tipo de veículo, para tentar entender melhor as tendências mostradas, para acidentes automobilísticos, observa-se o predomínio da mortalidade no sexo masculino numa razão de, aproximadamente, 3 para 1; quanto à faixa etária, observou-se que a maioria com idade entre 20 e 39 anos. Estudos mostram resultados que corroboram com os resultados aqui mostrados, como o de [20].

No caso de motos, [14, 21] mostram que há um crescimento das taxas de mortalidade e que há uma tendência de aumento nas Regiões Nordeste, Centro-Oeste e, inclusive, Norte (Pará e Tocantins). Na região Nordeste, localizam-se aglomerados de padrão alto-alto que agrega o maior número de municípios com elevada mortalidade,

cercado por vizinhos com a mesma característica [21]. O crescimento do percentual de motos em circulação frente aos demais veículos, sua adesão pelas mulheres e por diversos postos de trabalho podem estar intimamente relacionados com a dinâmica da mortalidade por AT no geral.

No ponto de vista de pedestres, [10] mostra que apesar de a mortalidade entre pedestres estar diminuindo em todas as regiões, os números atuais ainda representam uma grande parcela da mortalidade no trânsito. A diminuição das taxas de mortalidade por AT perpassam a priorização de modos sustentáveis de transporte, como bicicletas e transporte público [18]. Além disso, discute que o conflito entre pedestres e motoristas é reflexo da desigualdade expressa no trânsito nacional, no qual o tráfego de veículos é privilegiado frente ao de pedestres.

No caso da distribuição de óbitos por doenças cardiovasculares, a tendência é que os padrões alto-alto diminuam ao longo do mesmo período analisado para mortalidade por AT. As microrregiões da Região Nordeste mostram, ainda assim, um deslocamento da concentração das maiores taxas de mortalidade vindas do Sudeste tanto para homens como para mulheres. A mortalidade por doenças cardiovasculares está relacionada à estrutura da idade da população, condições de saúde, fatores institucionais, meio ambiente e situação socioeconômica à qual a população está exposta [?]. O comportamento das taxas, portanto, mesmo sendo uma causa de morte crônica-degenerativa, revela semelhança com o padrão estudado por AT. Isso pode ser um indicativo da direção da Transição Epidemiológica no país.

O Brasil é marcado por grandes diferenças socioeconômicas com fortes relações com as diversidades regionais. Essas relações oferecem possibilidades de intervenções públicas direcionadas, mas ao mesmo tempo apresentam desafios, já que se trata de um país de dimensões continentais [?].

Os achados mais relevantes aqui são o deslocamento do padrão de óbitos pela causa externa estudada para microrregiões menos desenvolvidas do ponto de vista social e econômico. Esses fatos são observados para homens e mulheres de 15-35 anos, e ao final do período analisado, 2011-2015, esses resultados são ainda mais evidentes no caso feminino.

As taxas de mortalidade mais elevadas foram observadas em microrregiões da região Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) e Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul e Mato Grosso). Estas regiões concentraram, também, a maior parte aglomerados de microrregiões com padrão alto-alto na distribuição das taxas. Esses achados são semelhantes aos observados por [21] para AT envolvendo motocicletas para os municípios do Brasil em 2014, 2015 e 2016. A tendência espacial dos AT em geral, portanto, é bastante influenciada pela proporção

de motos em circulação.

Homens e mulheres têm taxas de mortalidade por AT distintas e as mulheres bem mais baixas que os homens. Além disso, há de fato uma dispersão espacial observada ao longo da série de 1996-2015 e por microrregião. O espalhamento vai em direção às microrregiões menos favorecidas socioeconomicamente [24]. Muito se deve ao comportamento das pessoas e, forma geral, à eficácia das leis de trânsito.

De modo geral, mesmo havendo oscilações entre os quinquênios, do início da série, 1996, para o fim, 2015, houve redução das taxas de mortalidade por AT para todas as Grandes regiões. As regiões Centro-Oeste e Nordeste apresentam as microrregiões com as maiores taxas de mortalidade por AT, para homens e mulheres, ao final do período analisado, além de uma concentração de microrregiões com padrão de altas taxas internas e na vizinhança.

Esse resultado condiz com uma pesquisa realizada recentemente na qual os autores estimam a mortalidade e os anos potenciais de vida perdidos por acidentes de transporte no Brasil em 2013 [2]. Eles verificam queda nas taxas na maioria das regiões e diferenciais regionais também. Encontram que para as Regiões Nordeste e Centro-Oeste a tendência de aumento das taxas de mortalidade, espacialmente falando, é significativa. O maior número de óbitos por AT ocorre entre homens de baixa escolaridade e está relacionado intimamente com o consumo de bebidas alcoólicas e sua fiscalização [2]. Talvez por isso, as regiões Nordeste e Centro-Oeste são as mais acometidas por óbitos de AT nos últimos anos.

A hipótese inicial do trabalho foi testada, portanto, e verificada. Há de fato um espalhamento das taxas de mortalidade por AT, tanto para homens como para mulheres ao longo da série 1996-2015. A suavização foi importante para eliminar efeitos de flutuações aleatórias, ao passo que a autocorrelação espacial foi importante para verificar os padrões do espalhamento das taxas de mortalidade dentro da vizinhança estabelecida previamente. Esse espalhamento se dá, sobretudo, em direção às microrregiões menos favorecidas socioeconomicamente, sendo a maioria no Nordeste e Centro-Oeste, compondo em 2015 padrões de concentração de altas taxas de mortalidade por AT.

Conforme os resultados, a distribuição espacial e por tempo, por sexo, é de fato impactante. Ao longo do tempo, homens reduzem suas taxas de mortalidade observadas por AT, de 1996 para 2015, em quase todas as Regiões, exceto no Nordeste, em quase 20%. As mulheres apresentam maior variabilidade regional na redução em termos de taxas, mas suas taxas de mortalidade por AT revelam redução em todas as taxas observadas por Grandes Regiões.

O cenário é diferente ao se falar de espacialidade aplicando os métodos propostos de Suavização e Autocorrelação Espacial. Fica-se claro a mancha de aglomerados de

microrregiões de padrão de altas de taxas de mortalidade por AT com vizinhança com altas taxas também nas proximidades da Região Centro-Oeste do Brasil além do Nordeste, para homens e mulheres. Para as mulheres os resultados são ainda mais expressivos, talvez pelo fato de que o comportamento masculino frente ao trânsito e demais causas externas seja mais evidente em números, mas, nos últimos anos, as mulheres adotaram maior comportamento de risco devido ao empoderamento feminino.

Segundo o DATASUS⁷, os AT correspondem a 43 mil mortes por ano no Brasil e 20% delas ocorrem em rodovias federais [12]. Após a introdução da Década de Ação pela Segurança no Trânsito, pela ONU, estabelecida de 2011 a 2020, houve uma tendência de diminuição nas frequências absolutas dos desfechos fatais de AT nos níveis nacional e regional [6]. Conclui-se por este trabalho que, antes da medida tomada, houve tendência de aumento mensal do número de vítimas fatais e feridas por AT nas rodovias federais. Já após o início, logo em 2011, observou-se tendência inversa, ou seja, de declínio desses desfechos fatais.

Os achados deste trabalho corroboram com muitos estudos da literatura nacional mencionada e acrescenta que ao longo de 20 anos, ao avaliar medidas robustas de mortalidade por AT, as fatalidades, apesar de mostrarem tendência percentual de queda, se diferem ao se analisar por microrregiões e por sexo. Dessa forma, a queda é mais acentuada para homens e há um deslocamento das regiões de altas taxas de mortalidade por AT, configurada do eixo Sul/Sudeste para Nordeste/Centro-Oeste.

O diferencial aqui proposto, vale ressaltar, que neste estudo, analisa-se uma série temporal, o que ganha visibilidade em termos de ganhos de análise em relação a um ponto do tempo, permitindo comparabilidade no tempo, espaço e por sexo. Mas, cabe aqui dizer que para trabalhos futuros incorporar estatísticas de internação para controle dos fatores de risco associados seria de bastante interesse. A discriminação por tipo de veículo também seria interessante como discutido acima.

4 Discussão

A mortalidade por AT no Brasil tem números expressivos para homens e mulheres jovens adultos. Na série estudada, 1996-2015, há uma tendência de queda nos últimos anos, mesmo assim há variabilidades regionais importantes a serem consideradas. As mortes por AT são fenômenos que estão espalhados pelo país, sejam nos grandes centros ou em localidades de pequeno e médio porte. Além disso, os impactos econômicos e sociais dos AT são diversos e bastante significativos [12].

Neste contexto, dadas as grandes diferenças e desafios socioeconômicos do Brasil,

⁷ <http://datasus.saude.gov.br/>

entender a distribuição das localidades com risco de morte ou de ocorrência de AT mais elevados é uma importante ferramenta para nortear as decisões dos agentes público. No entanto, em pequenas áreas, como é o caso das microrregiões do Brasil, as taxas de mortalidade observadas por AT podem sofrer influência dos efeitos da flutuação aleatória.

Por isso, a Suavização Bayes Empírico de James-Stein e a Autocorrelação Espacial por meio dos Mapas de Cluster LISA foram essenciais. Assim, o objetivo principal do presente trabalho foi gerar estimativas da mortalidade mais robustas capazes de lidar com parte desses problemas. Depois, analisar a distribuição espacial, no período de 1996-2015, das taxas de mortalidade por AT nas microrregiões brasileiras com mais segurança.

A mortalidade por AT, sendo uma causa externa relevante de estudo conforme a literatura, especialmente nos países em desenvolvimento, vêm aumentando de maneira significativa nos últimos anos em relação às taxas de mortalidade no Brasil, especialmente para homens, como o GBD mostra claramente. O Carga de Doenças tem mostrado, também, sua variabilidade por estado atualmente. O que ocorre é que de fato devido a Transição Epidemiológica as causas externas assumem um dos primeiros lugares no ranking de óbitos.

Segundo a OPAS, aproximadamente 93% das mortes no trânsito ocorrem em países de baixa e média renda, embora estes concentrem aproximadamente 60% dos veículos do mundo. O Brasil, sendo um país em desenvolvimento, agrupa ainda uma alta porcentagem de fatalidades por causas externas entre jovens adultos, e parecida significativa dessas mortes são ocasionadas por AT. Um outro fato interessante é o impacto da Lei Seca de 2008, como medida coercitiva que tenta inibir o hábito de dirigir após beber, que atingiu de forma diferente as regiões do país, ressaltando-se a falta de uniformidade na aplicação da lei em todo o país segundo [19].

As metas da ONU a respeito da redução dos AT no mundo, "Reducir a mortalidade no trânsito pela metade, até 2020,..., é uma meta audaciosa. Neste contexto, o Brasil apresenta-se como um país em que este tipo de mortalidade tem taxas impactantes que, nos últimos 20 anos, mantêm-se estáveis" [18]. Na série 1996-2015, analisada no entanto, observa-se uma tendência, ainda que incipiente para homens e mais vantajosa para mulheres, de queda nas taxas de mortalidade por AT quando a nível de microrregião do país, mais claramente observada ao final, no período 2011-2015.

Também, é possível fazer um paralelo com as medidas da ONU estabelecidas a partir de 2011 até 2020 promovendo incentivos para redução internacional dos AT em até 50%, e o incentivo à campanha do Maio Amarelo. A Década de Ação pela Segurança no Trânsito é uma política pública que motivou alguns estudos como os de [2, 18], tendo em vista esse problema global e o fato de que a violência no trânsito tem se agravado e merece atenção. Muitas das mortes por AT são evitáveis e medidas de segurança e comportamento

podem ser tomadas para sua redução e diminuição das letalidades também.

Conforme os resultados, a distribuição espacial e por tempo, por sexo, é de fato impactante. Ao longo do tempo, homens reduzem suas taxas de mortalidade observadas por AT, de 1996 para 2015, em quase todas as Regiões, exceto no Nordeste, em quase 20%. As mulheres apresentam maior variabilidade regional na redução em termos de taxas, mas suas taxas de mortalidade por AT revelam redução em todas as taxas observadas por Grandes Regiões.

O cenário é diferente ao se falar de espacialidade aplicando os métodos propostos de suavização e autocorrelação espacial. Fica-se claro a mancha de aglomerados de microrregiões de padrão de altas de taxas de mortalidade por AT com vizinhança com altas taxas também nas proximidades da Região Centro-Oeste do Brasil além do Nordeste, para homens e mulheres. Para as mulheres os resultados são ainda mais expressivos, talvez pelo fato de que o comportamento masculino frente ao trânsito e demais casuas externas seja mais evidente em números, mas, nos últimos anos, as mulheres adotaram maior comportamento de risco devido ao empoderamento feminino.

Homens e mulheres têm taxas de mortalidade por AT distintas e as mulheres bem mais baixas que os homens. Além disso, há de fato uma dispersão espacial observada ao longo da série de 1996-2015 a nível de microrregião. Como bem diz [24], o espalhamento vai em direção às microrregiões menos favorecidas socioeconomicamente. Muito se deve ao comportamento das pessoas e, de forma geral, à eficácia das leis de trânsito.

De modo geral, mesmo havendo oscilações entre os quinquênios, do início da série, 1996, para o fim, 2015, houve redução das taxas de mortalidade por AT para todas as Grandes regiões. As regiões Centro-Oeste e Nordeste apresentam as microrregiões com as maiores taxas de mortalidade por AT, para homens e mulheres, ao final do período analisado, além de uma concentração de microrregiões com padrão de altas taxas internas e na vizinhança.

Esse resultado condiz os autores estimam a mortalidade e os anos potenciais de vida perdidos por acidentes de transporte no Brasil em 2013. Eles verificam queda nas taxas na maioria das regiões e diferenciais regionais também. Encontram que para as Regiões Nordeste e Centro-Oeste a tendência de aumento das taxas de mortalidade, espacialmente falando, é significativa [2].

A hipótese inicial do trabalho foi testada, portanto, e verificada. Há de fato um espalhamento das taxas de mortalidade por AT, tanto para homens como para mulheres ao longo da série 1996-2015. A suavização foi importante para eliminar efeitos de flutuações aleatórias, ao passo que a autocorrelação espacial foi importante para verificar os padrões do espalhamento das taxas de mortalidade dentro da vizinhança estabelecida previamente. Esse espalhamento se dá, sobretudo, em direção às microrregiões menos

favorecidas socioeconomicamente, sendo a maioria no Nordeste e Centro-Oeste, compondo em 2015 padrões de concentração de altas taxas de mortalidade por AT.

Referências

- [1] Teferi Abegaz, Yemane Berhane, Alemayehu Worku, Abebe Assrat, and Abebayehu Assefa. Road traffic deaths and injuries are under-reported in Ethiopia: A capture-recapture method. *PLoS ONE*, 9(7):5–9, 2014.
- [2] Silvânia Suely Caribé de Araújo Andrade and Maria Helena Prado de Mello-Jorge. Mortality and potential years of life lost by road traffic injuries in Brazil, 2013. *Revista de Saude Publica*, 50:1–9, 2016.
- [3] Luc Anselin. Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2):93–115, 1995.
- [4] Renato M. Assunção and Edna A. Reis. A new proposal to adjust Moran’s I for population density. *Statistics in Medicine*, 18(16):2147–2162, 1999.
- [5] Emerson Augusto Baptista, Bernardo Lanza Queiroz, and José Irineu Rangel Rigotti. Decomposition of mortality rates from cardiovascular disease in the adult population: a study for Brazilian micro-regions between 1996 and 2015. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 35(2):1–20, 2018.
- [6] Flávia Reis De Andrade and José Leopoldo Ferreira Antunes. Trends in the number of traffic accident victims on Brazil’s federal highways before and after the start of the Decade of Action for Road Safety. *Cadernos de Saude Publica*, 35(8):1–11, 2019.
- [7] Alexandre Xavier Ywata de Carvalho, Gabriela Drummond Marques da Silva, Gilberto Rezende de Almeida Júnior, and Pedro Henrique Melo de Albuquerque. Taxas bayesianas para o mapeamento de homicídios nos municípios brasileiros. *Cadernos de Saude Publica*, 28(7):1249–1262, 2012.
- [8] Alexandre E. Dos Santos, Alexandre L. Rodrigues, and Danilo L. Lopes. Aplicações de estimadores bayesianos empíricos para análise espacial de taxas de mortalidade. *GEOINFO 2005 - 7th Brazilian Symposium on GeoInformatics*, 2005.
- [9] European Transport Safety Council. *Social and Economic Consequences of Road Traffic Injury in Europe*. 2007.
- [10] Camila Mariano Fernandes and Alexandra Crispim Boing. Mortalidade de pedestres em acidentes de trânsito no Brasil: análise de tendência temporal, 1996-2015. *Epidemiologia e servicos de saude : revista do Sistema Unico de Saude do Brasil*, 28(1):e2018079, 2019.

- [11] Simon Hakim, Daniel Shefer, A. S. Hakkert, and Irit Hocherman. A critical review of macro models for road accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 23(5):379–400, 1991.
- [12] IPEA. Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras: Caracterização, tendências e custos para a sociedade. *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)*, page 42, 2015.
- [13] Roberto Marini Ladeira, Deborah Carvalho Malta, Otaliba Libânio de Moraes Neto, Marli de Mesquita Silva Montenegro, Adauto Martins Soares Filho, Cíntia Honório Vasconcelos, Meghan Mooney, and Mohsen Naghavi. Acidentes de transporte terrestre: estudo Carga Global de Doenças, Brasil e unidades federadas, 1990 e 2015. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 20(suppl 1):157–170, 2017.
- [14] Otaliba Libânio, De Moraes Neto, and Marta Maria. Mortalidade por Acidentes de Transporte Terrestre no Brasil na última década : tendência e aglomerados de risco Mortality due to Road Traffic Accidents in Brazil in the last decade : trends and risk clusters. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(9):2223–2236, 2012.
- [15] R. J. Marshall. Mapping disease and mortality rates using empirical Bayes estimators. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C, Applied statistics*, 40(2):283–294, 1991.
- [16] Stephen A. Matthews and Daniel M. Parker. Progress in spatial demography. *Demographic Research*, 28(February):271–312, 2013.
- [17] Marcela Franklin Salvador de Mendonça, Amanda Priscila de Santana Cabral Silva, and Claudia Cristina Lima de Castro. Análise espacial dos acidentes de trânsito urbano atendidos pelo Serviço de Atendimento Móvel de Urgência: um recorte no espaço e no tempo. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 20(4):727–741, 2017.
- [18] Marcelo Rasga Moreira, José Mendes Ribeiro, Caio Tavares Motta, and José Inácio Jardim Motta. Mortalidade por acidentes de transporte de trânsito em adolescentes e jovens, Brasil, 1996-2015: cumpriremos o ODS 3.6? *Ciência & Saúde Coletiva*, 23(9):2785–2796, 2018.
- [19] Luciana Cristina Pasztor Moretti. CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA POLÍTICA “LEI SECA” E RACIONALIDADE LUCIANA CRISTINA PASZTOR MORETTI “LEI SECA” E RACIONALIDADE. 2019.
- [20] Nelson Luiz Batista de Oliveira, Eniuce Menezes de Souza, and Guilherme Zubatch da Cunha. Mortalidade em acidentes automobilísticos: tendência temporal entre 1996

- e 2012/ Mortality in traffic accidents: temporary trend between 1996 and 2012; b.; *Ciência, Cuidado e Saúde*, 16(4), 2017.
- [21] Pedro Cisalpino Pinheiro and Bernardo Lanza Queiroz. Spatial analysis of motorcycle-related mortalities in Brazilian municipalities. *Ciencia e Saude Coletiva*, 25(2):683–692, 2020.
- [22] Júlia Clétilei Magalhães da Silva and Bernardo Lanza Queiroz. Análise do impacto econômico da Mortalidade por Acidentes de Trânsito no Brasil, com base no GBD 1990 - 2015. 2017.
- [23] Vanessa dos Reis de Souza, Suzana Cavenaghi, José Eustáquio Diniz Alves, and Mônica de Avelar Figueiredo Mafra Magalhães. Análise espacial dos acidentes de trânsito com vítimas fatais: comparação entre o local de residência e de ocorrência do acidente no Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 25(2):353–364, 2009.
- [24] Richard Tay. The effectiveness of enforcement and publicity campaigns on serious crashes involving young male drivers: Are drink driving and speeding similar? *Accident Analysis and Prevention*, 37(5):922–929, 2005.
- [25] Kenneth W. Wachter. Spatial demography. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(43):15299–15300, 2005.