



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO – EIXO TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOÃO VÍTOR DE OLIVEIRA SANTOS

**ANÁLISE ESPACIAL DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO NAS RODOVIAS
FEDERAIS DO ESTADO DE ALAGOAS**

Delmiro Gouveia - AL

2019



JOÃO VÍTOR DE OLIVEIRA SANTOS

**ANÁLISE ESPACIAL DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO NAS RODOVIAS
FEDERAIS DO ESTADO DE ALAGOAS**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Alagoas – Campus Sertão para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. MSc. Jonhatan Magno Norte da
Silva

Delmiro Gouveia - AL

2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza – CRB-4/2209

S237a Santos, João Vítor de Oliveira

Análise espacial dos acidentes de trânsito nas rodovias federais do Estado de Alagoas / João Vítor de Oliveira Santos. – 2019.

74 f. : il.

Orientação: Prof. Me. Jonhatan Magno Norte da Silva.

Monografia (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia de Produção. Delmiro Gouveia, 2019.

1. Acidentes de trânsito. 2. Análise espacial. 3. Sistemas de informações geográficas. 4. Rodovias federais. 5. Alagoas – Brasil. I. Título.

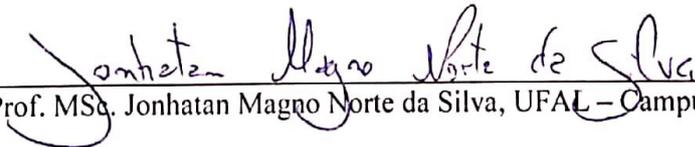
CDU: 614.86

Folha de Aprovação

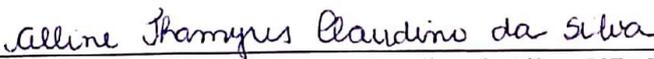
JOÃO VÍTOR DE OLIVEIRA SANTOS

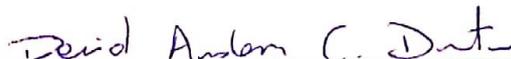
**ANÁLISE ESPACIAL DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO NAS RODOVIAS
FEDERAIS DO ESTADO DE ALAGOAS**

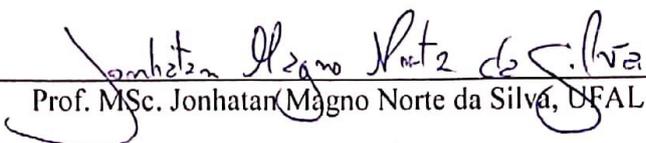
Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão e aprovado em julho de 2019.


Prof. MSc. Jonhatan Magno Norte da Silva, UFAL – Campus do Sertão

Banca Examinadora:


Prof. MSc. Alline Thamyres Claudino da Silva, UFAL – Campus do Sertão


Prof. MSc. David Anderson Cardoso Dantas, UFAL – Campus do Sertão


Prof. MSc. Jonhatan Magno Norte da Silva, UFAL – Campus do Sertão

Dedico esse trabalho a Deus, aos meus familiares, e a todos que contribuíram de maneira direta ou indireta para a realização desse estudo.

AGRADECIMENTOS

Após todos esses anos de caminhada, enfim é chegada a hora de iniciar uma nova etapa em minha vida. E tudo que posso demonstrar é meu sentimento de gratidão e dever cumprido. Gostaria de agradecer profundamente a todos aqueles que me incentivaram e me deram força para que meu objetivo fosse alcançado.

Por isso, dedico especialmente esse estudo a Deus, a meus pais, Gilmar e Ana Carla, e aos meus irmãos, Felipe e Kamyla. Sendo eles o meu alicerce durante a graduação, agradeço pelo esforço, a amizade e todas as manifestações de apoio e carinho que demonstraram durante todos esses anos.

A minha companheira, amiga e namorada Camila por todo amor, ajuda e motivação, você foi essencial para essa conquista.

Agradecer a todo corpo docente e funcionários da Universidade Federal de Alagoas do Campus do Sertão pelos ensinamentos transmitidos, comprometimento, ética e preocupação com o bem estar do próximo.

Agradeço ao meu orientador, Jonhatan Magno, por toda paciência, conhecimento passado e ajuda durante a graduação. Sem dúvidas foram grandes oportunidades de crescimento profissional, serei sempre grato.

E por fim, também gostaria de dividir essa alegria com todos aqueles que tive a oportunidade de conhecer e conviver todos os dias, onde compartilhamos risadas e tristezas.

RESUMO

O Brasil está enquadrado entre os países que possuem as maiores taxas de mortalidade relacionadas aos acidentes de trânsito. Alagoas, por sua vez, obteve aumentos significativos em suas frotas nos últimos anos, e com isso, os problemas gerados no tráfego acabaram se intensificando. Logo, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise espacial das rodovias federais do estado de Alagoas para identificar os municípios críticos onde ocorrem os acidentes de trânsito. A partir de um estudo transversal com registros referentes entre os anos de 2014 à 2018 e por meio de uma análise exploratória de dados espaciais e georreferenciamento (Sistemas de Informações Geográficas), foi utilizado mapas coropléticos e o índice de Moran (I), com o nível de significância de 5%, para observar e associar fatores de acidentes totais, causas, fase do dia e gravidade dos acidentes. Os fatores que apresentaram autocorrelação espacial univariada mais significativa foram acidentes totais ($I=0,345$), falta de atenção e guardar distância de segurança ($I=0,339$), ultrapassagem perigosa ($I=0,336$), pista escorregadia ($I=0,270$), ingestão de bebida alcoólica e substâncias psicoativas ($I=0,268$), desobediência às normas de trânsito ($I=0,259$), plena noite ($I=0,338$) e feridos graves ($I=0,300$). Já para a autocorrelação espacial bivariada mais significativa, indicou ultrapassagem perigosa em plena noite ($I=0,359$) e com feridos graves ($I=0,336$). Para o georreferenciamento, os mapas acusaram uma alta incidência nas BR-101, BR-104 e BR-316. Portanto, conclui-se que a região nordeste do estado de Alagoas, com Pilar e Rio Largo, sendo as regiões e locais críticos de acidentes de trânsito, respectivamente.

Palavras-chaves: acidentes de trânsito; rodovias federais; índice de Moran (I).

ABSTRACT

Brazil is framed among the countries with the highest mortality rates related to traffic accidents. Alagoas, in turn, got significant increases in its fleets in recent years, and with this, the problems generated in traffic have intensified. Therefore, this work aims to perform a spatial analysis of the federal highways of the state of Alagoas to identify critical municipalities where traffic accidents occur. From a cross-sectional study with reference records between the years 2014 to 2018 and through an exploratory analysis of spatial data and geo-referencing (Geographic Information Systems), we used coropléticos maps and the Moran index (I), with the level of significance of 5%, to observe and associate factors of total accidents, causes, phase of the day and severity of accidents. The most significant univariate spatial autocorrelation were total accidents (I=0.345), lack of attention and safety distance (I=0.339), dangerous overtaking (I=0.336), slippery lane (I=0.270), ingestion of alcoholic beverages and psychoactive substances (I=0.268), disobedience to traffic regulations (I=0.259), full night (I=0.338) and severe injuries (I=0.300). For the most significant bivariate spatial autocorrelation, it indicated a dangerous overtaking in the middle of the night (I=0.359) and with severe injuries (I=0.336). For georeferencing, the maps showed a high incidence in BR-101, BR-104 and BR-316. Therefore, it is concluded that the northeastern region of the state of Alagoas, with Pilar and Rio Largo, being the regions and places critical of traffic accidents, respectively.

Key-words: traffic accidents; federal highways; Moran index (I).

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Mapa viário de Alagoas..... | 18 |
| Figura 2 – Extensão das rodovias federais pavimentadas..... | 24 |
| Figura 3 – Interligação dos grupos de ferramentas de análise espacial..... | 28 |
| Figura 4 – Áreas e matriz de proximidade..... | 30 |
| Figura 5 – Diagrama de espalhamento de Moran..... | 34 |
| Figura 6 – Imagem representativa de um BoxMap..... | 34 |
| Figura 7 – Georreferenciamento dos acidentes em 2017..... | 41 |
| Figura 8 – Georreferenciamento dos acidentes em 2018..... | 41 |
| Figura 9 – Georreferenciamento dos acidentes em 2017 e 2018..... | 42 |
| Figura 10 – Distribuição dos acidentes nos municípios..... | 43 |
| Figura 11 – Diagrama de espalhamento dos acidentes..... | 44 |
| Figura 12 – LisaMap para o número de acidentes..... | 44 |
| Figura 13 – BoxMap de significância dos acidentes..... | 45 |
| Figura 14 – BoxMaps de significância dos fatores contribuintes de maior índice de Moran..... | 49 |
| Figura 15 – LisaMap dos fatores contribuintes com maior índice de Moran..... | 50 |
| Figura 16 – LisaMap dos fatores contribuintes com maior índice de Moran associados a fase do dia..... | 51 |
| Figura 17 – BoxMaps de significância dos fatores contribuintes com o maior índice de Moran associados a fase do dia..... | 52 |
| Figura 18 – LisaMap dos fatores contribuintes com maior índice de Moran associados a gravidade..... | 53 |
| Figura 19 – BoxMaps de significância dos fatores contribuintes com o maior índice de Moran associados a gravidade..... | 55 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Síntese das características dos acidentes da amostra..... | 39 |
| Tabela 2 – Síntese das características das condições impostas a amostra..... | 40 |
| Tabela 3 – Síntese dos municípios com maior incidência de acidentes..... | 43 |
| Tabela 4 – Resultados do Índice Global de Moran das causas dos acidentes..... | 46 |
| Tabela 5 – Resultados do Índice Global de Moran para fase do dia e gravidade..... | 47 |
| Tabela 6 – Resultados do Índice Global de Moran para associações bivariadas entre causa e fase do dia..... | 48 |
| Tabela 7 – Resultados do Índice Global de Moran para associações bivariadas entre causa e gravidade..... | 48 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Frota total de Veículos por região – Brasil – Dezembro 2007 a 2017..... | 23 |
|--|----|

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BO – Boletim de Ocorrência

CNT – Confederação Nacional dos Trânsito

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

DETRAN – AL – Departamento Estadual de Trânsito de Alagoas

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte

ESDA - *Exploratory Spatial Data Analysis*

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPR – Instituto de Pesquisa Rodoviária

MPDFT – Ministério Público do Distrito Federal e Territórios

MTPA – Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil

PRF – Polícia Rodoviária Federal

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. Introdução..... | 15 |
| 1.1. Considerações Iniciais..... | 15 |
| 1.2. Justificativa..... | 16 |
| 1.3. Objetivos..... | 17 |
| 1.3.1. Objetivo Geral..... | 18 |
| 1.3.2. Objetivo Específico..... | 18 |
| 1.4. Delimitação da Área de Estudo..... | 18 |
| 1.5. Estrutura do Trabalho..... | 19 |
| 2. Referencial Teórico..... | 20 |
| 2.1. Trânsito..... | 20 |
| 2.2. Acidentes de Trânsito..... | 21 |
| 2.2.1. Tipos de Acidentes de Trânsito..... | 22 |
| 2.2.2. Fatores Contribuintes..... | 22 |
| 2.2.3. Dados de Acidentes..... | 24 |
| 2.2.4. Custos de Acidentes..... | 25 |
| 2.3. Sistemas de Informações Geográficas..... | 26 |
| 2.3.1. Análise Espacial..... | 26 |
| 2.3.2. Ferramentas de Análise Espacial..... | 28 |
| 2.3.3. Estatística Espacial..... | 29 |
| 2.3.4. Análise Exploratória de Dados Espaciais..... | 29 |
| 2.3.4.1. Matriz de Proximidade Espacial..... | 30 |
| 2.3.4.2. Média Espacial Móvel..... | 31 |
| 2.3.4.3. Índice Local de Moran..... | 31 |
| 2.3.4.4. Índice Global de Moran..... | 32 |
| 2.3.4.5. Diagrama de Espalhamento de Moran..... | 33 |
| 3. Metodologia..... | 35 |
| 3.1. Delineamento da pesquisa..... | 35 |
| 3.2. Coleta de dados..... | 35 |
| 3.3. Análise da consistência dos dados e escolha das variáveis..... | 36 |
| 3.4. Mapeamento dos acidentes de Trânsito..... | 37 |
| 3.5. Procedimento Estatístico..... | 38 |

| | |
|---|----|
| 4. Resultados e Discussões..... | 39 |
| 4.1. Análise Descritiva dos Acidentes..... | 39 |
| 4.2. Análise da Distribuição dos Acidentes de Trânsito..... | 40 |
| 4.3. Identificação de áreas críticas..... | 42 |
| 4.4. Análise do Índice de Moran para associações univariadas..... | 45 |
| 4.5. Análise do Índice de Moran para associações bivariadas..... | 47 |
| 4.6. Análise do BoxMap de Significância e LisaMap para associações univariadas..... | 49 |
| 4.7. Box Maps de Significância e LisaMap para associações bivariadas..... | 51 |
| 4.7.1. Relação das causas de acidentes com fase do dia..... | 51 |
| 4.7.2. Relação das causas de acidentes com gravidade..... | 53 |
| 4.8. Análise Geral dos Resultados..... | 55 |
| 4.8.1. Georreferenciamento..... | 55 |
| 4.8.2. Zonas Críticas..... | 56 |
| 4.8.3. Índice de Moran para associações univariadas..... | 58 |
| 4.8.4. Índice de Moran para associações bivariadas..... | 62 |
| 4.8.5. BoxMap de Significância e LisaMap para associações univariadas..... | 63 |
| 4.8.6. BoxMap de Significância e LisaMap para associações bivariadas..... | 63 |
| 4.8.7. Limitações..... | 65 |
| 5. Considerações Finais..... | 66 |
| 5.1. Sugestões para trabalhos futuros..... | 67 |
| Referências..... | 68 |

1. Introdução

1.1 Considerações Iniciais

A ocorrência de acidentes de trânsito tornou-se uma consequência direta do aumento significativo dos transportes rodoviários. As diferentes variáveis da sociedade, sejam elas positivas/negativas, apontam para um sistema complexo e composto por fatores que acabam levando as autoridades a criar políticas e medidas para reduzir a quantidade de acidentes (KUCEK JÚNIOR, 2014).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2010), mais de 1,3 milhões de pessoas são mortas por ano e entre 20 a 50 milhões são lesionados devido a acidentes de trânsito em países pobres e de média renda. Estima-se que em 2020, a quantidade de mortos chegue a 2,3 milhões e ocupe a sexta colocação de mortalidade do mundo. O Brasil é o quinto colocado com maior número de mortes no trânsito (MORAIS NETO *et al*, 2012).

Existem três elementos classificados como fatores chaves do sistema de trânsito (veículo, usuário e via), porém, em cerca de 90% dos acidentes, é estimado que a falha venha a ser do usuário, seja por infração de leis ou erros. Ou seja, o motorista desempenha uma função primordial para segurança e prevenção de acidentes (HOFFMANN, 2005; BOTTESINI; NODANI, 2011).

As condições sociais e diplomáticas do Brasil ainda implicam na falta de planejamento e investimentos na manutenção de vias, que acabam agravando os problemas com acidentes de trânsito (SANTOS, 2006). Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), os acidentes nas rodovias brasileiras, somando as estaduais com as federais, custam cerca de R\$ 41 bilhões (IPEA, 2015), representando uma quantia expressiva aos cofres públicos.

A utilização de ferramentas de estatística espacial tem ganhado destaque no tratamento e tomada de decisões referentes a problemas corriqueiros na população. Estudos referentes a mapeamento de riscos e saúde (CAMPOS *et al.*, 2013), agricultura, vegetação e solos (ZANETTI *et al.*, 2007; NEVES NETO *et al*, 2013), aspectos socioeconômicos (LIMA *et al.*, 2004), informações de segurança pública e planejamento (ANSELIN *et al.*, 2000) ganharam destaque no cenário atual.

Na literatura científica é possível encontrar trabalhos que utilizam ferramentas e técnicas para análises espaciais na segurança de tráfego (QUEIROZ, 2003; KREMPI, 2004; BRANDÃO

et al., 2007; BERGAMASCHI, 2010; MATSUMOTO; FLORES, 2012; LACERDA, 2014; MENDONÇA *et al.*, 2017). No Brasil, destacam-se estudos de análise de padrões pontuais, redes e áreas (KREMPI, 2004; LOPES, 2005; SANTOS, 2006; SOARES, 2007; GOMES, 2008). Porém, não foram encontrados estudos viários referentes ao Estado de Alagoas, tornando-se desconhecida a forma de distribuição espacial dos acidentes de trânsito nas rodovias federais.

Diante disso, procurar entender os eventos espaciais que utilizam uma determinada posição específica com espaços de maior e menor incidência num dado período de tempo é uma das formas utilizadas pelos órgãos responsáveis para compreender as inter-relações entre os diversos tipos de acidentes (TEIXEIRA, 2012).

O uso de dados que evidencie um possível diagnóstico, as dimensões do acidente e as características do problema a ser enfrentado são de suma importância para as possíveis soluções. O registro de acidentes são as principais fontes de informações sobre os problemas viários, tornando-se base para a realização de um estudo e posteriormente um conjunto de medidas para reduzir essas taxas (CHAGAS, 2011).

1.2 Justificativa

O Estado de Alagoas possui uma área aproximada de 27.768 km², contando com uma malha rodoviária que se estende através de 30 (trinta) rodovias estaduais e 6 (seis) rodovias federais. As rodovias federais são aquelas que unem o estado com o restante do Brasil. Em Alagoas temos a BR-104, BR-110, BR-316, BR-423, BR-424 e a BR-101, que são consideradas muito importantes, pois ligam muitos Estados do Nordeste.

Segundo o Departamento Estadual de Trânsito de Alagoas (DETRAN), a frota de Alagoas cresceu cerca de 9 vezes entre 1991 e 2011 (DETRAN, 2012). Durante os anos de 2013 à 2017, foram acrescentados, em média, 41.200 veículos à frota por ano, representando um crescimento médio de 20,95% no Estado, totalizando atualmente mais de 789.000 veículos. Destacando-se as cidades de Arapiraca e Maceió, com o crescimento mais significativo.

Com o aumento da frota, automaticamente a ocorrência e possibilidades de acidentes de trânsito aumentam. Segundo o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (2017), durante os anos de 2007 e 2011 houve uma tendência de crescimento da frota, que durante 2011 e 2013 se estabilizou, e a partir de 2013 apresentou uma queda nos seus valores, porém, ressalta-

se que os acidentes ocorridos em rodovias federais ainda estão em patamares considerados elevados.

Quanto aos custos de acidentes, o Estado de Alagoas em 2012 totalizou cerca de R\$ 251.392.800,00, dos quais, acidentes nas rodovias federais custaram cerca de R\$ 139.015.680,00, representando um valor de 55,29% do total. Segundo o balanço do DETRAN-AL (2017), com esse valor, seria possível construir 4 hospitais com UTI ou até mesmo comprar mais de 1.680 ambulâncias com UTI móvel.

Dessa forma, Soares (2007) detalha a importância de encontrar soluções que minimizem a ocorrência de acidentes de trânsito com o intuito de tornar as rodovias um ambiente mais seguro. Entretanto, para isso é necessário conhecer toda a distribuição espacial dos acidentes e quais as tendências de comportamentos desses dados, para assim tomar possíveis decisões acerca do problema encontrado.

A utilização de Sistemas de Informações Geográficas – SIG e metodologias de estatísticas e análises espaciais para área de transportes geram resultados com uma certa confiabilidade, tornando-os mais precisos do que modelos convencionais. Com isso, benefícios como a redução de custos são oriundos da implementação dessas ferramentas que contribuiriam para um melhor planejamento e controle dos transportes viários (LOPES, 2005).

Queiroz (2003) afirma que a redução dos impactos resultantes no trânsito pode ser alcançada através de um conjunto de medidas associadas a alguns elementos do sistema (homem, via, ambiente e veículo). Por isso, a identificação de locais críticos e a busca por soluções viáveis tornam-se dependentes do conhecimento sobre esses elementos.

Além disso, considerando a escassez de trabalhos na área sobre o Estado de Alagoas, analisar e compreender como estão os processos de registros, índices de acidentes, principais fatores favoráveis para a ocorrência de eventos e planejamentos tomados pelos órgãos responsáveis irá contribuir diretamente para que sejam traçadas políticas de prevenção na rede viária federal.

1.3 Objetivos

Os objetivos podem ser melhor compreendidos quando expostos no formato de objetivo geral e objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise espacial dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras do Estado de Alagoas com o intuito de identificar os municípios de maior incidência destes sinistros.

1.3.2 Objetivos específicos

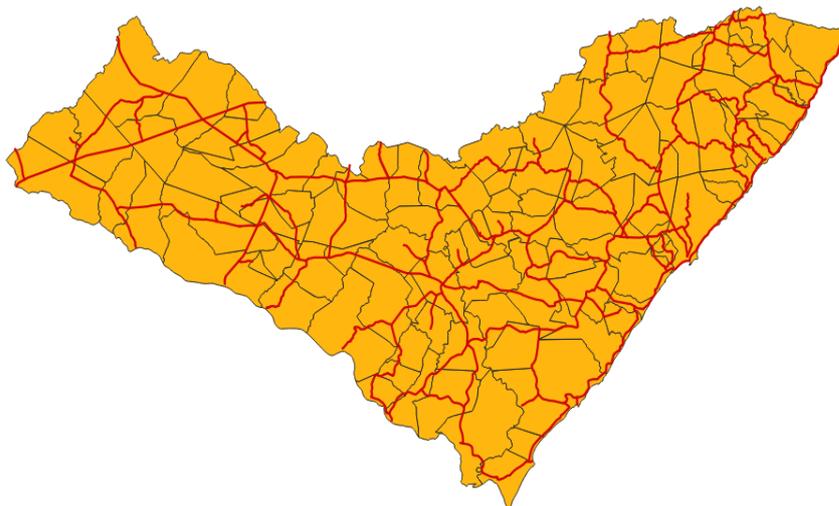
Dos objetivos específicos, tem-se:

- Organizar uma base de dados georreferenciada dos acidentes de trânsito no Estado de Alagoas;
- Identificar os pontos críticos de acidentes de trânsito nas rodovias federais do Estado de AL;
- Verificar a possibilidade de correlação espacial de variáveis específicas da região;
- Associar fatores para possíveis tomadas de decisões.

1.4 Delimitação da área de estudo

Por se tratar de um Estado que possui cerca de trinta e seis rodovias (Figura 1), Alagoas possui um número destacável de acidentes de trânsito. Neste trabalho, serão analisadas apenas as rodovias federais, pois, devido a ligação direta com estados de Sergipe, Pernambuco e Bahia, a movimentação de transportes viários torna-se parte de um fluxo contínuo, alternando em uma quantidade considerável durante qualquer horário do dia e conseqüentemente, aumentando a probabilidade da ocorrência de acidentes de trânsito.

Figura 1 – Mapa viário de Alagoas



Fonte: O autor (2019)

Portanto, as rodovias utilizadas para a análise desse trabalho estão divididas entre a BR-104, BR-110, BR-316, BR-423, BR-424 e a BR-101.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em 5 capítulos, dos quais em conjunto, visam alcançar o objetivo deste trabalho.

- Capítulo 1 – Este capítulo trata-se da Introdução, na qual serão abordados os seguintes pontos: uma breve apresentação sobre o tema, a justificativa do trabalho, os objetivos específicos e geral e a delimitação da área de estudo.
- Capítulo 2 – Este capítulo é o de Referencial Teórico onde serão apresentados os conceitos associados ao trânsito e suas diversas variáveis, além disso, será exposto definições relativas aos Sistemas de Informações Geográficas, englobando suas ferramentas de Análises, destacando-se a Exploratória de Dados Espaciais através de recursos da Estatística Espacial.
- Capítulo 3 – Este capítulo trata-se da Metodologia e nele serão apresentados o delineamento da pesquisa, a coleta de dados, a análise da consistências dos dados e a escolha das variáveis, mapeamento dos acidentes de trânsito e procedimentos estatísticos.
- Capítulo 4 – Nesta secção serão apresentados os Resultados e discussões. Assim serão mostrados através de mapas e tabelas os resultados mais significativos e discutidos sua relevância no cenário atual.
- Capítulo 5 – Nesta secção são apresentadas as Conclusões deste trabalho. Assim, as considerações finais são apresentadas, e as sugestões para trabalhos futuros são propostas.

2. Referencial Teórico

Neste capítulo será trabalhado conceitos relevantes ao tema, a saber: Trânsito, Acidentes de Trânsito, e Sistemas de Informações Geográficas. Cada uma destas secções apresenta subsecções onde serão detalhadas informações sobre Fatores Contribuintes, Dados de acidentes de trânsito, Custos de acidentes, Análise Espacial, Ferramentas de Análise Espacial, Estatística espacial e Análise Exploratória de Dados Espaciais.

2.1. Trânsito

O homem realiza por natureza própria diversos deslocamentos, sejam eles para o trabalho, para o banco e até mesmo para outras atividades. Ou seja, o trânsito está relacionado com a forma que a sociedade se organiza e se estrutura, politicamente e socialmente, às características da população (ROCHA, 2009).

No Brasil, todas as vias terrestres são regidas pelo o Código de Trânsito Brasileiro – CTB, sancionado desde 23 de setembro de 1997 e entrado em vigor em 23 de janeiro de 1998, o qual possui dois órgãos públicos para o gerenciamento de suas atividades:

- Órgãos normativos - edita as normas regulamentadoras;
- Órgãos executivos - responsáveis para pôr em prática e fiscalizar.

De acordo com o Art. 1º, § 1º da Lei 9.503/97 do CTB - Código de Trânsito Brasileiro: *“considera-se trânsito a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga”*.

Logo, o trânsito é um aspecto fundamental para desenvolvimento contínuo de uma nação, porém, quando mal dimensionado ocasiona problemas e transtornos como destaca Teixeira (2012):

- O aumento gradativo da poluição atmosférica;
- O índice de ruído do ambiente;
- A degradação da paisagem urbana;
- Congestionamentos;
- Acidentes de trânsito.

2.2. Acidentes de Trânsito

O histórico sistemático de acidentes de trânsito iniciou-se no século XIX após o desenvolvimento dos primeiros automóveis a combustão. A partir do século XX a utilização da produção em série e popularização do produto intensificaram os problemas relacionados ao trânsito. (TEIXEIRA, 2012)

Acidentes podem ser classificados como um acontecimento anormal, os quais podem ou não trazer consequência para os relacionados. Já o termo acidente de trânsito é definido como um acontecimento eventual, que envolve pelo menos um veículo, motorizado ou não, ocorrido em uma via pública (CABRAL, 2009). Contudo, Souza *et al.* (2007) enfatiza que no Brasil, esse termo está associado a algo que pode ser premeditado, podendo então ser evitado.

Já para Gold (1998), os acidentes podem ser diferenciados como evitável, sendo classificados em circunstâncias que ocorrem falhas por não realizar todas as precauções possíveis, e o não evitável, os quais não existem procedimentos possíveis para interrompê-los, ou seja, ocorrerá de qualquer forma.

Em termo de condições, na ocorrência de um dado acidente de trânsito, os mais prejudicados são os usuários, pois, estão expostos a uma enorme quantidade de riscos, sendo determinadas pelas diferenças entre forças e matérias em relação a um veículo (SANTOS, 2006). A disparidade pode ocasionar lesões corporais e mentais que podem levar o cidadão a morte.

Dessa forma, lidar com acidentes – que variam desde forma, lugar e gravidade – torna-se uma preocupação eminente para a União. Desenvolver metodologias e procedimentos adequados, que visem o melhoramento do sistema como um todo, é uma das grandes dificuldades. Por isso, entender os mecanismos e fatores que contribuem para o crescimento desordenado de acidentes de trânsito é essencial para gerar resultados consistentes.

Honorato (2009) faz referência ao fato do enquadramento da legitimidade das leis para fins regulamentares acerca dos acidentes de trânsito. Demonstrando o quanto específico e atento está o CTB para a sociedade brasileira, destacando a utilização ostensiva da comunidade militar e de aparatos eletrônicos para fiscalização e controle.

2.2.1 Tipos de acidentes de trânsito

A utilização de diferentes veículos de transportes viários, sejam eles, bicicletas, motos, carros, caminhões e entre outros, gera uma diversificação nos fatores e condições impostas em acidentes de trânsito. Segundo Gold (1998), os acidentes são diferenciados a partir do momento em que envolvem veículos ou não. Quando envolvido, estão relacionados a colisões, choques ou atropelamentos, quando não, resultam em danos físicos, pois, os principais afetados são pedestres e ciclistas.

Além disso, acidentes sem vítimas acontecem quando os resultados são somente de danos materiais e possuem pelo menos um veículo. Já acidentes com vítima, estão envolvidos veículos e/ou pessoas, os quais podem sofrer ferimentos físicos e psicológicos, causando em alguns casos, até a morte.

Os acidentes de trânsito são classificados pelas normas técnicas NBR 10.697 e NBR 6.067 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Código de Trânsito Brasileiro da seguinte forma:

- Atropelamento – Acidente envolvendo pedestre ou animal que sofre o impacto de um veículo, estando uma das partes em movimento;
- Capotamento – Acidente no qual o veículo gira em qualquer sentido sobre seu próprio eixo.
- Colisão – Acidente em que mais de um veículo em movimento sofre um impacto do outro.
- Colisão Frontal – Acidente que ocorre de frente a frente por veículos que trafegam na mesma via, porém, em sentido opostos.
- Colisão Lateral – Acidente de forma lateral, podendo os veículos estarem no mesmo sentido ou sentido opostos.
- Colisão Transversal – Acidente com veículos que trafegam em direções que se cruzam, ortogonal ou obliquamente.
- Colisão Traseira – Acidente que acontece de frente com traseira ou vice versa.

2.2.2 Fatores Contribuintes

No modo viário, o fator contribuinte para que os acidentes ocorram partem, principalmente, de ações, falhas ou condições ambientais, físicas e psicológicas. Eles são classificados como fatores objetivos e subjetivos que dependem tanto da experiência, como da habilidades de

investigadores para solucionar e descobrir os eventos que levaram a tal acontecimento (CHAGAS, 2011).

Para a Confederação Nacional de Trânsito (CNT) os registros elaborados no Brasil, normalmente, associam apenas um fator principal para cada acidente, e está relacionado principalmente com o fator humano. A correta determinação de fatores, cooperariam para o estabelecimento de políticas adequadas para prevenção. Eles são classificados em seis grupos: fator humano, fator veicular, fator institucional/social, fator socioeconômico, fator meio ambiente e fator viário (CNT, 2018).

Para o órgão, o fator humano enquadra-se no trânsito através do condutor, classificado como toda pessoa que conduza algum veículo automotor ou de outro tipo, e do pedestre, pessoas que transitam por via terrestre ou áreas públicas a pé. Para Evans (2004), duas dimensões podem caracterizar a segurança dos tráfegos: o desempenho e o comportamento. Para isso, fatores de influência como gênero, experiência, idade, treinamento, redução temporária de capacidade, personalidade são fundamentais para compreender o evento (BOTTESINI; NODARI, 2011).

Já o fator veicular, remete-se aos problemas relacionados aos veículos, comumente apresentados como falhas mecânicas. De modo geral, são considerados um dos fatores com maiores dificuldades de avaliação, principalmente, quando o veículo é comprometido no acidente. O fator institucional/social está relacionado às leis de trânsito, abrangendo suas normas de fiscalização e regulamentações.

Quanto aos fatores socioeconômicos, o aumento das frotas, aumento do fluxo de veículos e taxas de ocupação urbana são influenciadores para o aumento de acidentes. Segundo a CNT (2018), a taxa de crescimento das frotas no Brasil, representou um aumento de mais de 95% entre os anos de 2007 e 2017 (Quadro 1), destacando-se o Nordeste com um aumento de 156,30%, porém, em extensão de vias rodoviárias, apenas 11,3% foi acrescido durante esse período (Figura 2).

Quadro 1 – Frota total de Veículos por região – Brasil – Dezembro 2007 a 2017.

| Região | 2007 | 2017 | Crescimento 2007 / 2017 (%) |
|---------------|---------------|---------------|------------------------------------|
| Brasil | 49.644.025,00 | 97.091.956,00 | 95,60% |
| Norte | 1.927.08,00 | 5.028.603,00 | 161,00% |
| Nordeste | 6.502.135,00 | 16.665.260,00 | 156,30% |
| Sudeste | 26.272.123,00 | 47.258.591,00 | 79,90% |
| Sul | 10.659.526,00 | 19.130.688,00 | 79,50% |
| Centro-Oeste | 4.283.233,00 | 9.008.814,00 | 110,30% |

Fonte: Adaptado CNT (2018)

Figura 2 – Extensão das rodovias federais pavimentadas – Brasil – Dezembro 2007 a 2017



Fonte: CNT (2018)

Os fatores ambientes estão ligados diretamente a atenção, pois, são impostas condições climáticas nas quais o tempo de reação são alterados. E por fim, o fator viário, o qual leva em consideração toda infraestrutura rodoviária, desde pequenos problemas na geometria das vias a erros/falta de sinalização.

2.2.3 Dados de acidentes de trânsito

Uma das maneiras de diagnosticar os problemas relacionados aos acidentes de trânsito são através dos registros. A coleta e a utilização dos dados são bases obrigatórias quando trata-se de estudos de segurança viária, pois, além de facilitar análises, oferecem uma certa exatidão na execução de melhorias.

No Brasil, esses dados são obtidos através de Boletim de Ocorrências – BO, elaborados tanto pela polícia como por agentes de trânsito. Porém, a quantidade de erros apresentadas nos relatórios, campos em branco e dados inconsistentes, remete-se ao fato dos responsáveis por tal atividade estarem totalmente despreparados ou por não conhecerem quais os elementos mais importantes para identificação de um eventual acidente (SANTOS, 2006).

Para Chagas (2011) a deficiência apresentada na base de dados de acidentes viários não ocorre somente no Brasil, mas também em outras partes do mundo, como exemplo, na Europa. Além disso, complementa que países como Estados Unidos e Reino Unido, criaram metodologias com o intuito de entender causas que não são coletadas pelo sistema, pois, a falta de dados confiáveis e abrangentes, demonstra grandes lacunas que influenciam diretamente nas pesquisas de prevenção a acidentes.

De acordo com Cardoso (1999), a importância dos dados é totalmente relevante, pois, existem etapas que são fundamentais para que possam ser identificados, diagnosticados e corrigidos os locais com alto índices de acidentes. Elas podem ser descritas da seguinte forma:

- Provisão dos dados: relacionada a coleta e armazenagem dos dados.
- Identificação de locais problemáticos: consiste em definir áreas de alta criticidade com o intuito de estabelecer prioridades;
- Diagnóstico do problema: estudo detalhado sobre o local para determinar fatores contribuintes específicos para os acidentes e reconhecimento de correlações;
- Busca e avaliação de medidas corretivas: conjunto de medidas necessárias para reduzir ou até mesmo erradicar os acidentes de trânsito em dado local, focando em um sistema econômico positivo de custo/benefício.

Outras formas de utilização de dados para o tratamento dos acidentes são definidas pelo Ministério dos Transportes – MT, sendo estabelecidos através de pontos críticos, segmentos críticos, área crítica, solução-tipo e por tipo de usuário. Os três primeiros, respectivamente, possuem características peculiares e se diferem apenas em relação a extensão da área tratada, já as outras duas possuem identidades próprias (SANTOS, 2006).

2.2.4 Custos de acidentes

Os acidentes de trânsito possuem um impacto econômico expressivo quando analisado cuidadosamente, principalmente no setor da saúde (MESQUITA FILHO, 2012). Porém, em contra partida, os investimentos em engenharia de tráfegos são baixos, demonstrando assim, a ineficiência do sistema na prevenção e correção de problemas relacionados a tal fator (BRANDÃO, 2007).

O Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT), com o intuito de estimar os custos de acidentes rodoviários, elaborou o Sumário Executivo – IPR 733 (2004), especificando metodologias para calcular as componentes relacionadas ao evento, sendo definidas da seguinte forma:

- Custos relativos à danos pessoais: engloba custos médico-hospitalares (ambulâncias e outros transportes, hospitalização, exames médicos, remédios e equipamentos de reabilitação), custos relativos a perda de investimentos futuros e funeral.
- Custos relativos a danos materiais: conjunto de danos causados aos veículos, cargas e propriedades.

- Outros custos: relativos aos efeitos dos acidentes como congestionamentos, custos judiciais, administração de seguros, custos operacionais de atendimentos e perdas refletindo o valor da vida humana em termos de dor e sofrimento.

O conhecimento dos custos de acidentes serve como justificativa econômica para o investimento e novas implementações nos sistemas viários. Além disso, a contribuição para a redução de índices de acidentes, gravidades e benefícios econômicos são garantidas quando colocadas em prática (DNIT, 2004).

2.3. Sistemas de Informações Geográficas

Técnicas que possibilitem novas formas de análise e manipulações de dados vêm impactando todos os campos científicos. A utilização de Sistemas de Informações Geográficas - SIG para analisar acidentes de trânsito no cenário brasileiro tem ganhado relevância nos últimos anos. A identificação de padrões de caracterização local, estatísticas espaciais, elaboração de mapas e visualização e distribuição espacial dos acidentes são algumas metodologias desenvolvidas com o uso dessa ferramenta (TEIXEIRA, 2012).

As definições encontradas para os Sistemas de Informações Geográficas variam na literatura. Câmara *et al.* (1996) define SIG como uma ferramenta que facilita a captura, modelagem, recuperação, consulta, diagnósticos e apresentação de dados geograficamente referenciados. Já Gomes (2008) classifica como sistemas de análises espaciais complexas que servem como base para tomadas de decisões importantes através das mudanças de cenário.

O SIG é indicado para aplicações que utilizem identificação, rastreamento, levantamento e tratamento de dados de maneira fácil e organizada. Além disso, órgãos gestores, departamentos de transportes e outras empresas aproveitam a tecnologia para fazer planejamentos, quantificações de impactos e entre outros. (SANTOS; RAIÁ JUNIOR, 2006).

2.3.1 Análise Espacial

Com o aumento gradativo da disponibilidade de dados e tecnologias consideradas eficientes e de baixo custo - como o SIG -, a análise espacial teve um avanço significativo após os anos noventa (KREMPI, 2004). Porém, a maioria dos usuários de Sistemas de Informações Geográficas ainda limitam-se de suas propriedades, utilizando apenas o recurso para a

construção de mapas, deixando de realizar técnicas estatísticas que apresentam grande importância para estudos quantitativos (CÂMARA *et al.*, 2001).

A análise espacial trata-se de um levantamento quantitativo que busque o mapeamento de espaços ou zonas que possuam uma dada referência geográfica. Esta subdivide-se em análises de superfícies (geoestatística), análise de padrões pontuais, análise de redes e análise de dados em área. Além disso, são detalhadas da seguinte forma (CÂMARA *et al.*, 2001; QUEIROZ, 2003; MANZATO, 2007):

- Análise de superfícies ou geoestatística: é uma técnica para eventos discretos, ou seja, para uma superfície contínua, a qual apresenta um conjunto de dados específicos obtidos através de levantamentos de campo. Um dos procedimentos mais utilizados é a *krikagem*. Geralmente, representa tanto variáveis de recursos naturais (vegetação) como também dados socioeconômicos.
- Análise de padrões pontuais: representada através de dados que consistem em uma série de localizações pontuais e estão associadas a eventos dentro de uma área de estudo (vale ressaltar que somente os eventos são levados em consideração, a área não), com o intuito de descobrir o padrão. Métodos como *estimador de intensidade* (Kernel) e o de *vizinho mais próximo* são os mais utilizados.
- Análise de redes: avalia operações básicas através de complexidade, topologia, acessibilidade de redes, sendo comumente utilizada em problemas relacionados a transportes, como a otimização.
- Análise por áreas: os dados são associados a indivíduos localizados em pontos específicos com o objetivo de identificar padrões de distribuição, áreas críticas e tendências de um determinado fenômeno.

Ou seja, a quantidade de metodologias para analisar e descrever os dados são diversas. Porém, Levine e Kim (1996) demonstram que ainda existem procedimentos utilizados tanto para pontos quanto para áreas, sendo conhecidas como: medidas de distribuição espacial que está relacionada ao detalhamento do centro, dispersão, direção e forma da distribuição de uma variável; medidas de autocorrelação espacial, que descreve a relação entre diferentes localizações com variáveis simples, revelando grau de concentração ou dispersão; e, medidas de associação espacial entre duas ou mais variáveis, a qual descreve a associação de variáveis distribuídas no espaço (KREMPI, 2004).

2.3.2 Ferramentas de Análise Espacial

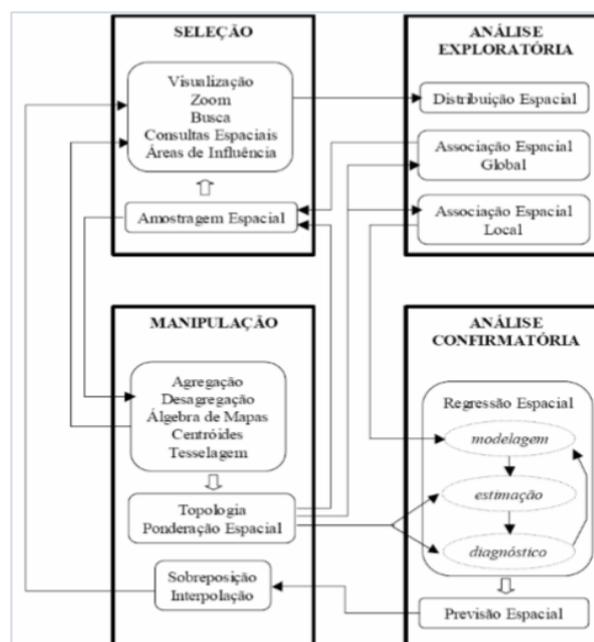
Para facilitar a compreensão da análise espacial, Anselin (1992) definiu uma subdivisão de ferramentas em quatro grupos: seleção, manipulação, análise exploratória e análise confirmatória.

Para o autor, a seleção trata-se do processo de consulta aos bancos de dados ou agrupamentos com o intuito da sumarização dos dados através de estatísticas e gráficos. O segundo consiste na manipulação, processo que é permitido criar novos dados espaciais através de propriedades espaciais (funções de agregação e desagregação, geração e análise de áreas de influência, álgebra de mapas e correlações).

A análise exploratória é uma ferramenta que tem como foco visualizar e descrever distribuições espaciais, identificando locais atípicos ou *outliers* espaciais, padrões de associações e instabilidades espaciais. Já a análise confirmatória aborda os modelos quantitativos de estimação, modelagem e validação para implementação de análises de componentes espaciais (CÂMARA *et al.*, 2001; TEIXEIRA, 2003; MANZATO, 2007; GOMES, 2008;).

Além disso, Manzato (2007) comenta a importância de observar o entrelaçamento entre os quatro grupos, pois, estão totalmente interligados no processo de análise espacial, mostrando o detalhamento através da Figura 3.

Figura 3 - Interligação dos grupos de ferramentas de análise espacial



Fonte: Teixeira (2003)

2.3.3 Estatística espacial

A estatística espacial é uma das características fundamentais da análise espacial. Além de diferenciar-se da estatística clássica, possui métodos científicos que tem como intuito descrever os padrões espaciais e associações entre os dados. É utilizada fortemente pelas análises exploratórias e confirmatórias (GOMES, 2008). Dentre seus fundamentos, destacam-se conceitos como de estatísticas globais, locais e estacionariedade e isotropia.

Segundo Queiroz (2003) a estatística global e local são formas de caracterizar distribuições relativas relacionadas a eventos espaciais, encontrando padrões de aglomerados, ou seja, verificando o comportamento dos eventos através de um padrão sistemático, sem que estejam distribuídos aleatoriamente no sistema. A principal diferença está relacionada ao tipo de análise realizada.

As estatísticas globais identificam uma associação através de um conjunto de valor, porém, utilizando como padrão espacial um único valor. O problema dessa análise é que quando precisa-se estudar uma área muito subdividida os regimes de associação espacial tornam-se diferentes, aparecendo locais que a dependência espacial sejam mais significantes. Já as estatísticas locais tem como meta a associação com cada localização de conjuntos os quais estão submetidos (QUEIROZ, 2003)

Quanto a estacionariedade e isotropia, fazem parte da estrutura espacial dos dados, sendo classificados através do relacionamento com o processo. A estacionariedade está relacionada à média do processo no espaço, especificamente uma série que representa uma média e covariância constante. Enquanto a isotropia está relacionada com a dependência da covariância em relação a distância entre os pontos e não direção deles (QUEIROZ, 2003; MANZATO, 2007).

2.3.4 Análise Exploratória de Dados Espaciais

A *Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA)* ou Análise Exploratória de Dados Espaciais é uma das ferramentas utilizadas para determinação da análise espacial. Através dela é possível entender o funcionamento e caracterização sobre ocorrência de fenômenos espaciais. Lopes (2005) afirma que as técnicas utilizada na ESDA são de fundamental importância, pois, é possível gerar resultados espaciais globais e locais.

Algumas técnicas são o Índice de Moran e o Diagrama de Espalhamento de Moran. Para o autor ainda são encontradas três elementos básicos: matriz de proximidade espacial (W), vetor dos desvios (Z) e vetor de médias ponderadas (W_z).

2.3.4.1 Matriz de proximidade espacial (W)

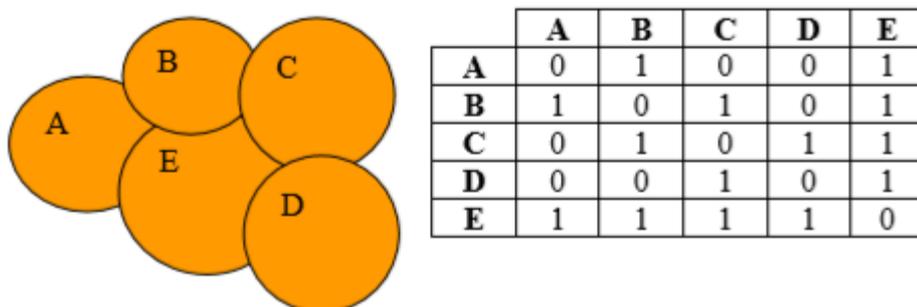
Também conhecida como matriz de adjacência ou matriz de peso, a matriz de proximidade espacial é um dos elementos no estudo de dependência espacial. Através dela é possível estimar a variabilidade espacial dos dados em área, sendo descrita por W ($n \times n$), onde cada elemento W_{ij} representa uma medida de proximidade de A_i e A_j , ou seja, a interdependência das regiões i e j . Além disso, é uma matriz não quadrada e não estocástica (LOPES, 2005; SANTOS, 2006; MANZATO, 2007).

Os valores assumidos pelo W_{ij} são baseados em algumas medidas de adjacência como:

- $W_{ij} = 1$, se o centroide de A_i encontra-se a determinada distância de A_j e $W_{ij} = 0$, caso contrário;
- $W_{ij} = 1$, caso o A_i compartilhe um lado em comum com o A_j , caso contrário $W_{ij} = 0$;
- $W_{ij} = l_{ij}/l_i$, onde l_{ij} é o comprimento da fronteira entre A_i e A_j e l_i é o perímetro da A_i . Caso contrário $W_{ij} = 0$.

A Figura 4, ilustra a relação entre as áreas limitadas geograficamente e a matriz de proximidade oriunda da relação entre presença ou não de fronteiras entre duas áreas quaisquer.

Figura 4 - Áreas e matriz de proximidade



Fonte: Krempi (2004)

Alguns autores como Câmara *et al.* (2002), Lopes (2005), Krempi (2004) e Manzato (2007) ressaltam a importância da utilização de métodos de normalização de linhas para facilitar o cálculo de indicadores na fase de análise exploratória, fazendo com que a soma dos pesos de cada linha seja igual a 1 (Equação 1). Ademais, especificar os graus de proximidade de diferentes ordens, torna-se considerável, pois são classificadas como primeira ordem a conexão de duas zonas e segunda ordem as que não se conectam diretamente.

$$W_i = \sum_j W_{ij} = 1 \quad (\text{Equação 1})$$

2.3.4.2. Média Espacial Móvel (W_z)

A média móvel espacial ou vetor das médias ponderadas é utilizada para conhecer a variação das tendências espaciais dos dados, permitindo o cálculo do valor médio de uma variável em um determinado período. Sua função é identificar uma área que possua valores menores ou maiores que os vizinhos e aumentar ou reduzir esses valores (SANTOS, 2006). Queiroz (2003) ainda afirma que pode-se encontrar locais de transição em cada regime.

Levando-se em conta a matriz de proximidade espacial W , a média espacial móvel é representada através da equação 2:

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} * Y_j}{\sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

μ = médias ponderadas;

W_{ij} = pesos atribuídos conforme a relação topológica entre os locais i e j ;

Y_i = diferença entre o valor dos atributos no local i e a média de todos os atributos.

2.3.4.3 Índice Local de Moran

Para examinar os padrões com maior nível de detalhamento, é necessário utilizar indicadores que estejam associados a localizações diferentes quando distribuídas espacialmente, pois, devido a uma certa quantidade de divisões, irão aparecer variações. Os indicadores de associações espaciais locais apresentam valores específicos para cada objeto (área), facilitando a identificação de agrupamentos de objetos com valores semelhantes

(*clusters*), anômalos (*outliers*) e de regimes espaciais que são de difícil visualização através de cálculos globais (KREMPI, 2004).

O Índice Local de Moran é calculado através do produto dos desvios em relação à média e pode ser interpretado a partir de seus respectivos valores. Quando assume valores considerados altos, a possibilidade de que existam locais (pontos, áreas e polígonos) com altos e baixos valores são admitidos. Porém, ao assumir valores baixos é entendido que aquele local possui um comportamento padrão mais errático (QUEIROZ, 2003). Sua expressão é dada através da equação 3:

$$I_i = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} * Z_i * Z_j}{\sum_{i=1}^n Z_i^2} \quad (\text{Equação 03})$$

Onde:

W_{ij} = Pesos atribuídos conforme a conexão entre as áreas i e j ;

Z_i = diferença entre o valor do atributo no local i e a média de todos os atributos.

2.3.4.4 Índice Global de Moran

De acordo com a estatística espacial, existem diferentes formas de realizar análises de autocorrelação espacial. Uma delas é a dependência espacial, que tem como objetivo quantificar se o valor de uma variável em uma área é parecido com a do vizinho mais próximo e quanto ele é mais diferente do distante. Para isso, são utilizados diversos indicadores, e um deles é o Índice de Moran tanto global como local (MANZATO; 2007).

Para medir, são estabelecidos valores que variam entre -1 e +1 para indicar quanto uma área é mais parecida com sua vizinhança. Quanto mais próximos de 0 o valor, menor será a significância. Valores positivos indicam uma autocorrelação positiva, sendo semelhantes aos dos seus vizinhos, assim como valores negativos uma autocorrelação negativa (CÂMARA *et al.*, 2002). A equação 4 do índice global é expressa através de:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} * Z_i * Z_j}{\sum_{i=1}^n Z_i^2} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

I = Índice Global de Moran;

n = número de áreas;

W_{ij} = Pesos atribuídos conforme a conexão entre as áreas i e j ;

Z_i = diferença entre o valor do atributo no local i e a média de todos os atributos;

Z_j = diferença entre o valor dos atributos dos vizinhos do local i e a média de todos os atributos.

Uma das vantagens desse índice é que além de fornecer um único valor de medida da associação com todos os dados do conjunto, é possível estabelecer sua validade estatística, ou seja, verificar níveis de significâncias. Queiroz (2003) destaca duas abordagens para descrever a relação entre a distribuição e o índice.

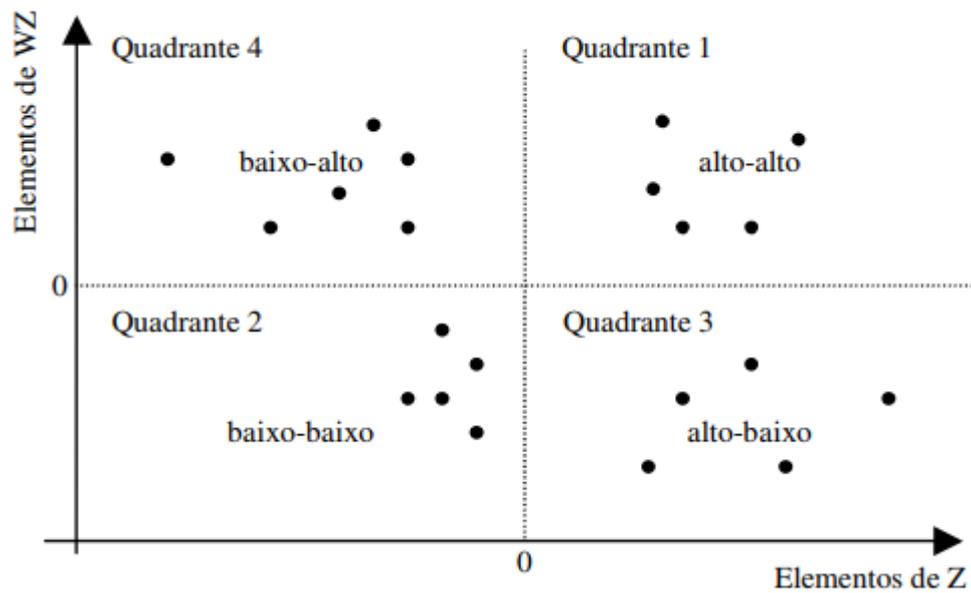
A primeira considera a distribuição como uma normal padrão com a média igual a zero e variância igual a um. Nela são comparados os valores da significância com o valor computado de Y em uma tabela. A outra trata-se de uma técnica de permutação que empiricamente analisa a significância de uma distribuição gerada pelo índice de Moran (I) através de permutações dos valores associados as regiões, sendo redistribuídos em áreas.

2.3.4.5 Diagrama de Espalhamento de Moran

O diagrama de espalhamento de Moran é uma forma de analisar a dependência espacial comparando valores que foram normalizados de cada área com as médias dos valores normalizados das áreas vizinhas (SANTOS, 2006). Por serem visualizadas através de gráficos ou mapas, tendem a apresentar resultados que podem ser compreendidos sem muita complexidade.

Quando detalhado através de diagrama é dividido em quatro quadrantes (Figura 5), onde em cada um deles é observado o comportamento dos pontos. Eles indicam associações positivas quando os valores e as médias são positivas e/ou os valores e as médias são negativos (quadrante 1 e 2). Já quando os valores são positivos com médias negativas e/ou valores negativos com médias positivas (quadrante 3 e 4), indicam uma associação negativa, vale ressaltar que, os pontos encontrados nesses quadrantes são classificados como extremos, pois afastam-se da reta de regressão linear.

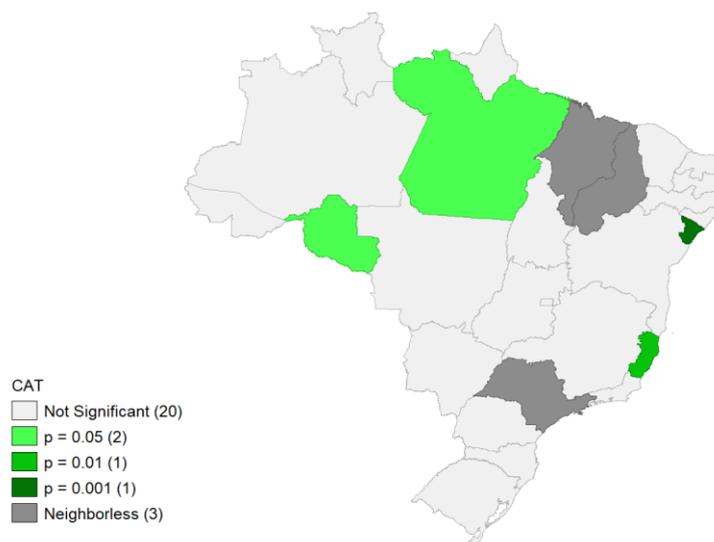
Figura 5 – Diagrama de Espalhamento de Moran



Fonte: Nery e Monteiro (2006)

O espalhamento de Moran também é apresentado na forma mapa temático (BoxMap), Figura 6, evidenciando através de cores, regiões que possuem uma correlação espacial significativa quando comparada as outras.

Figura 6 – Imagem representativa de um BoxMap



Fonte: O autor (2019)

3. Metodologia

Neste tópico será tratado de elementos que compõe a metodologia adotada. Para tanto, será apresentado como se deu o Delineamento do estudo, a Coleta de dados, a Análise da consistência dos dados e escolha das variáveis, o Mapeamento dos acidentes de trânsito e quais Procedimento estatístico foram adotados.

3.1. Delineamento do estudo

O estudo realizado segue o modelo de pesquisa transversal descritiva que, de acordo com Gil (2008), descreve determinadas características da população ou fenômenos ou do estabelecimento da relação entre variáveis. Além disso, o autor ainda defende que esse tipo de pesquisa vai além da identificação do relacionamento das variáveis, procurando demonstrar a natureza dessa relação.

A pesquisa também segue um caráter quali-quantitativo, pois, por trabalhar com dados secundários, ou seja, registrados por outros órgãos responsáveis pela a notificação e gerência dos acidentes de trânsito como Departamento de Trânsito de Alagoas (DETRAN-AL) e Polícia Rodoviária Federal (PRF), optou-se por essa linha. Para realização desse trabalho, foram utilizados os dados referentes aos anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018 (janeiro a outubro).

3.2. Coleta de dados

Todas as informações utilizadas neste trabalho que referenciam os acidentes de trânsito nas rodovias federais foram disponibilizadas através da Polícia Rodoviária Federal (PRF), sendo de total responsabilidade do órgão o armazenamento. Quando ocorre um acidente, são realizados os registros das ocorrências ou também conhecido boletins de ocorrência (BO). Além disso, existem orientações disponibilizadas pelo próprio órgão sobre como agir diante um acidente.

Caso o acidente não houver vítimas, o artigo 178 do Código de Trânsito para garantir a segurança e o fluxo da via indica que os envolvidos tirem os veículos da rodovia e anotem o local (BR, quilômetro e sentido), o horário, a data, fotografar os veículos e danos perdidos para no máximo durante 60 dias registrar o acidente eletronicamente ou presencialmente. Já se houver vítimas, os envolvidos devem acionar socorro médico e a polícia federal para tomar os procedimentos mais adequados.

Na base de dados são encontrados os seguintes registros:

- Localização dos acidentes: inclui informações referentes a data, hora, coordenadas geográficas, km, município, BR;
- Tipo do acidente: breve descrição do acidentes (colisão lateral, traseira, frontal, transversal, choque, tombamento e capotamento);
- Causa do acidente: descreve o que pode ter ocasionado o acidente (animais na pista, avarias e/ou desgastes dos pneus, carga excessiva e/ou mal condicionada, condutor dormindo, defeito mecânico do veículo, defeito na via, deficiência na sinalização do veículo, desobediência às normas de trânsito, falta de atenção, fenômenos da natureza, ingestão de álcool, mal súbito, não guardar distância de segurança, objeto estático sobre o leito carroçável, pista escorregadia, restrição de visibilidade, sinalização da via insuficiente ou inadequada, ultrapassagem indevida e velocidade incompatível);
- Condições impostas: especificando a fase do dia (amanhecer, pleno dia, anoitecer e plena noite), condições meteorológicas (céu claro, chuva, garoa/chuvisco, nevoeiro, nublado, sol e vento), tipo de pista (simples, dupla) e via (reta, curva, desvio temporário, interseção de vias, ponte, rotatória, túnel e viaduto);
- Dados dos veículos envolvidos: informações relacionadas ao tipo do veículo (automóvel, ciclomotor, motocicleta, micro-ônibus, ônibus, caminhão, caminhonete, quadriciclo, trator de rodas, semirreboque e reboque), ano de fabricação e marca.
- Identificação de pessoas: idade, sexo (masculino e feminino), envolvidos (condutor, passageiro, pedestre, cavaleiro, testemunha).
- Classificação de risco: classifica o estado físico do indivíduo (ilesos, lesão leve, lesão grave e morte).

Porém, vale ressaltar que nos registros e boletim de ocorrência, essas informações são tratadas de maneira mais detalhada, buscando obter o máximo de informações sobre os acidentes para assim, possuir laudos concretos e eficientes.

3.3. Análise da consistência dos dados e escolha das variáveis

Levando em consideração a utilização de um banco de dados da PRF sobre o estado de Alagoas, realizou-se uma análise da consistência dos dados, pois, por se tratar de dados

transcritos de boletins de ocorrência, o comprometimento da qualidade e possíveis incoerências nos registros são facilmente encontradas e não comprometer nos resultados obtidos.

Teixeira (2012) traça alguns critérios para evitar possíveis erros de localização e consequentes erros de análises, dentre eles, a identificação e correção de dados que possuam o mesmo nome, porém, escritas diferentes, examinar as localizações exatas das vias envolvidas e identificar e tratar os registros que não permitem sua completa localização. Dessa maneira, é possível tornar válido os dados que estavam inconsistentes.

Após esse processo, foram definidas as variáveis que seriam utilizadas nos modelos. A escolha deu-se através de um comparativo entre os diferentes anos postos em análises. Ao observar o banco de dados, percebe-se que a maioria dos fatores causadores de acidentes utilizados entre o ano de 2014 a 2016, remetiam-se apenas a fatores considerados humanos, enquanto após o ano de 2017 inseriu-se outros fatores. Diante o exposto, foi escolhido as seguintes variáveis: Causa do acidente, fase do dia e gravidade do acidente.

3.4. Mapeamento dos acidentes de trânsito

Para entender a distribuição espacial dos acidentes de trânsito ocorridos nas rodovias federais de Alagoas, foram utilizados os acidentes que ocorreram no ano de 2017 e 2018, por possuírem um referência espacial (latitude e longitude). Após a escolha, os dados foram exportados para a versão 3.6.0 do software Quantum Gis (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2019), uma plataforma multivariada de sistema de informação geográfica (SIG) que oferece uma visualização da base georreferenciada.

Segundo Santos (2006) esse processo objetiva a associação de cada acidente constante no banco de dados aos seus respectivos locais nos mapas, podendo ser representado tanto por objetos como por pontos. Ainda complementa que, existem algumas formas de georreferenciamento, como: ponto a ponto, aplicando comandos disponíveis em sistemas de informação geográfica, elaborando programas de rotinas de programação e utilizando programas específicos.

Neste trabalho, utilizou-se a adição da camada vetorial do Estado de Alagoas e das rodovias federais no formato shapefile (SHP) para plotagem do mapa viário. Em seguida, foi adicionado uma camada de texto delimitado a partir de um arquivo de texto por extensão (.csv) para

posteriormente, criar uma camada de pontos referenciadas através da latitude e longitude. Mapeando assim, os locais que aconteceram os acidentes nesse período.

3.5. Procedimento estatístico

O tratamento estatístico deu-se através da versão 1.12 do software GeoDa (GEODA DEVELOPMENT TEAM, 2019), para compreender os comportamentos espaciais, sejam eles através de análises ou de autocorrelações. Foram traçadas algumas etapas para facilitar o estudo. Na primeira etapa, foi definida a identificação das áreas e pontos críticos de acidentes. Nela, utilizou-se um mapa cloroplético do tipo *natural breaks* para a identificação de grupos naturais, garantindo a maximização da variação entre os locais de acidentes e o uso do diagrama de espalhamento para analisar as associações espaciais (através do Índice de Moran) dos municípios que possuem valores distintos dos vizinhos, representado posteriormente por um BoxMap (MENDONÇA *et al.*, 2017).

A segunda etapa, consistiu na utilização dos indicadores locais de associação espacial (LisaMap) e BoxMap de significância, para determinar as regiões e zonas em que a autocorrelação é tratada de maneira mais significativa. A significância espacial adotada foi verificada através de um teste de pseudo-significância de 95% de confiabilidade com a quantidade de 99 permutações, considerando cada variável individualmente (CÂMARA *et al.*, 2002).

Na terceira etapa, foram repetidos os testes de espalhamento de Moran, associação espacial local (LisaMAP) e BoxMap de significância, porém, buscando as associações bivariadas mais expressivas para os locais considerados críticos, com o intuito de descobrir o comportamento dos fenômenos na região e as correlações existentes entre as causas do acidente com fase do dia e gravidade do acidente.

4. Resultados e discussões

Os resultados dessa pesquisa são apresentados, analisados e discutidos nessa seção. Sendo divididos nas subseções Análise descritiva dos acidentes, Análise da distribuição de acidentes de trânsito, Análise do Índice de Moran para associações univariadas, Análise das associações bivariadas, Análise do BoxMaps de Significância e LisaMap para associações univariadas, BoxMaps de Significância e LisaMap para associações bivariadas e Análise Geral dos Resultados.

4.1. Análise descritiva dos acidentes

A Tabela 1 apresenta uma síntese das características dos acidentes da amostra. Dentre os 6.313 registros de acidentes de trânsito ocorridos no período, destacam-se os anos de 2014 e 2017, com 24,22% e 32,03% do total, respectivamente. Não obstante, os anos de 2015, 2016 e 2018, apresentaram valores considerados próximos, com 16,96%, 15,06% e 11,72%.

Em relação a natureza dos acidentes, observa-se que a colisão frontal/lateral/transversal/em objeto fixo representa o maior valor (54,1%) referente aos eventos, seguido da saída de pista (16,8%), atropelamento de animal/pessoa (8,9%), capotamento (7,6%) e tombamento (7,4%). Além disso, cerca de 52,60% das vítimas saem ilesas dos acidentes, contudo 47,4% sofrem algum ferimento classificado como leve/grave ou até mesmo complicações que levam a morte.

Tabela 1 – Síntese das características dos acidentes da amostra

| Variáveis | Quantidade | % | Variáveis | Quantidade | % |
|--|------------|------|-----------------------|------------|-------|
| Natureza dos Acidentes | | | Acidentes Registrados | | |
| Capotamento | 478 | 7,6 | 2014 | 1529 | 24,22 |
| Tombamento | 467 | 7,4 | 2015 | 1071 | 16,96 |
| Saída de Pista | 1063 | 16,8 | 2016 | 951 | 15,06 |
| Queda do veículo | 220 | 3,5 | 2017 | 2022 | 32,03 |
| Derramamento de Carga | 39 | 0,6 | 2018 | 740 | 11,72 |
| Colisão Frontal/Lateral/Transversal/Em objeto fixo | 3415 | 54,1 | Gravidade | | |
| Atropelamento de animal/pessoa | 563 | 8,9 | Ilesos | 5068 | 52,60 |
| Incêndio | 35 | 0,6 | Feridos Leves | 2544 | 26,40 |
| Danos eventuais | 11 | 0,2 | Feridos Graves | 1536 | 15,94 |
| Não relatado | 22 | 0,3 | Mortos | 487 | 5,06 |

Fonte: O autor (2019)

No que diz respeito às características das condições impostas a amostra (Tabela 2), os acidentes acontecem em sua maioria no pleno dia (53,85%) e plena noite (35,34%), com 74,02% em ambientes considerados rurais e 25,98% no espaço urbano. Quanto ao tipo de pista, acidentes em pistas simples relataram 82,69%, sendo mais favoráveis em vias que possuem como características retas (59,78%) ou curvas (29,49%) e que estejam trafegando aos finais de semana (47,17%).

Tabela 2 – Síntese das características das condições impostas a amostra

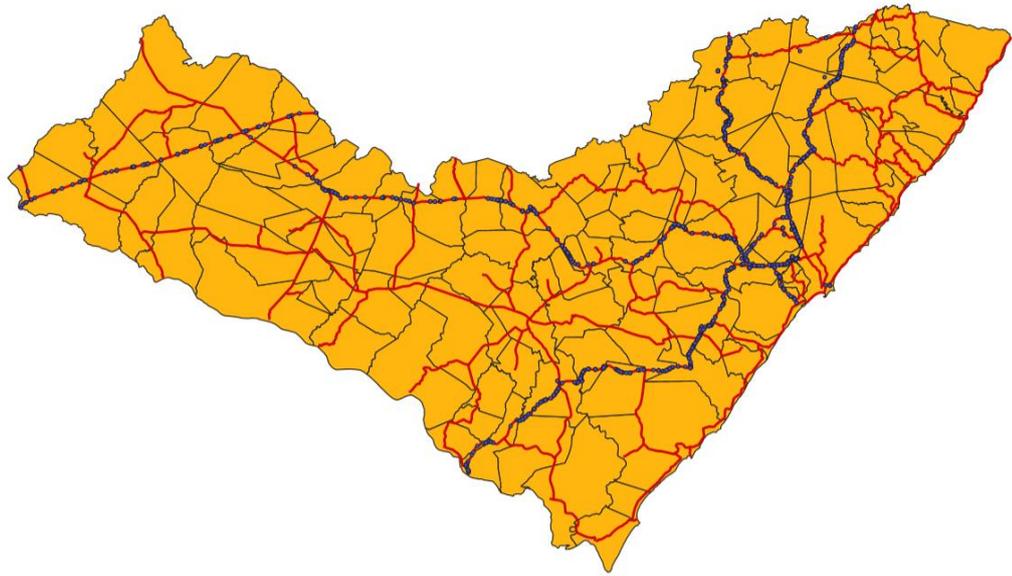
| Variáveis | Quantidade | % | Variáveis | Quantidade | % |
|---------------|------------|-------|---------------|------------|-------|
| Fase do dia | | | Via | | |
| Amanhecer | 350 | 5,54 | Cruzamento | 206 | 3,26 |
| Pleno dia | 3399 | 53,85 | Reta | 3774 | 59,78 |
| Anoitecer | 333 | 5,27 | Curva | 1862 | 29,49 |
| Plena noite | 2231 | 35,34 | Outros | 205 | 3,25 |
| Dia da semana | | | Não informado | 266 | 4,21 |
| Domingo | 1061 | 16,81 | Pista | | |
| Sábado | 972 | 15,40 | Simplex | 5220 | 82,69 |
| Sexta | 945 | 14,97 | Dupla | 1068 | 16,92 |
| Quinta | 833 | 13,19 | Múltipla | 25 | 0,39 |
| Quarta | 828 | 13,12 | Ambiente | | |
| Terça | 780 | 12,36 | Rural | 4673 | 74,02 |
| Segunda | 894 | 14,16 | Urbano | 1640 | 25,98 |

Fonte: O autor (2019)

4.2. Análise da distribuição dos acidentes de trânsito

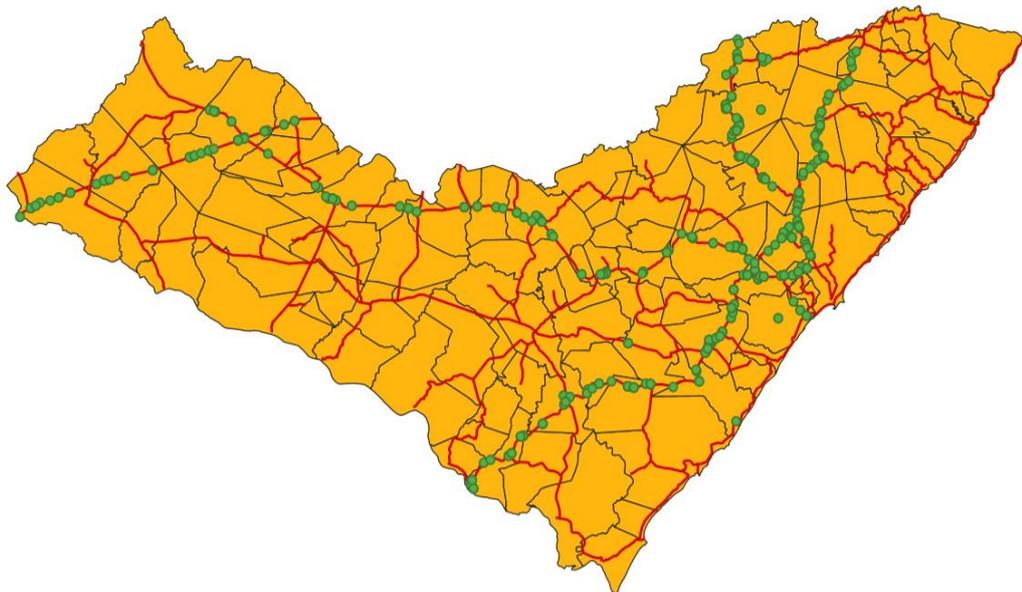
Os anos de 2017 e 2018 foram georreferenciados em forma de pontos com um total de 2.762 acidentes de trânsito em Alagoas, apresentando assim um comportamento significativo entre as rodovias federais BR-101, BR-104 e BR-316 (Figura 7 e 8). Desta forma, a Figura 9 representa a comparação dos dois anos para estabelecer uma identidade no padrão de distribuição dos acidentes nas redes viárias do estado.

Figura 7 – Georreferenciamento dos acidentes em 2017



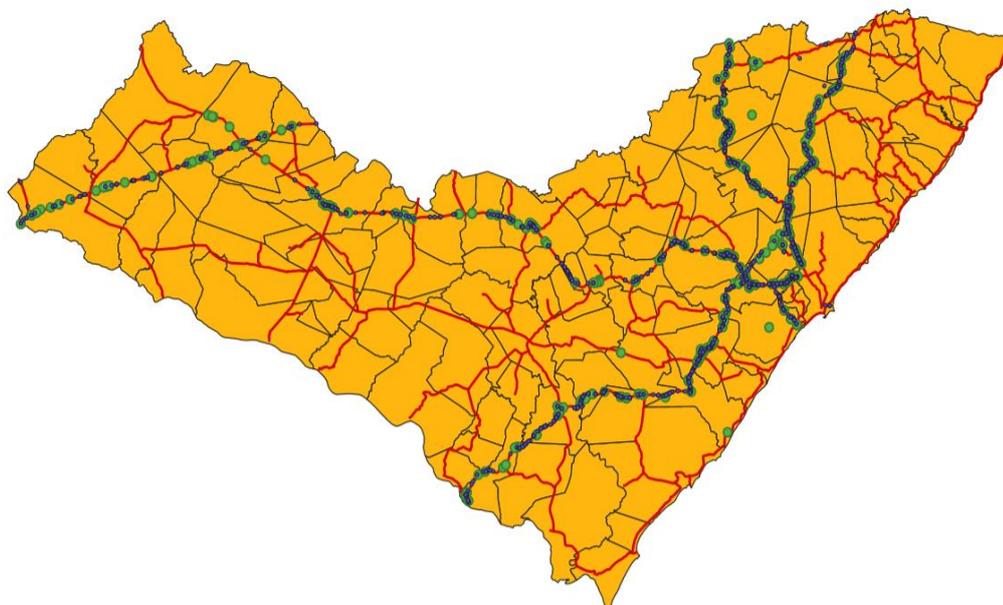
Os pontos na cor roxa indicam os locais onde ocorreram os sinistros no ano de 2017.
Fonte: O autor (2019)

Figura 8 – Georreferenciamento dos acidentes em 2018



Os pontos na cor verde indicam os locais onde ocorreram os sinistros no ano de 2018.
Fonte: O autor (2019)

Figura 9 – Georreferenciamento dos acidentes em 2017 e 2018



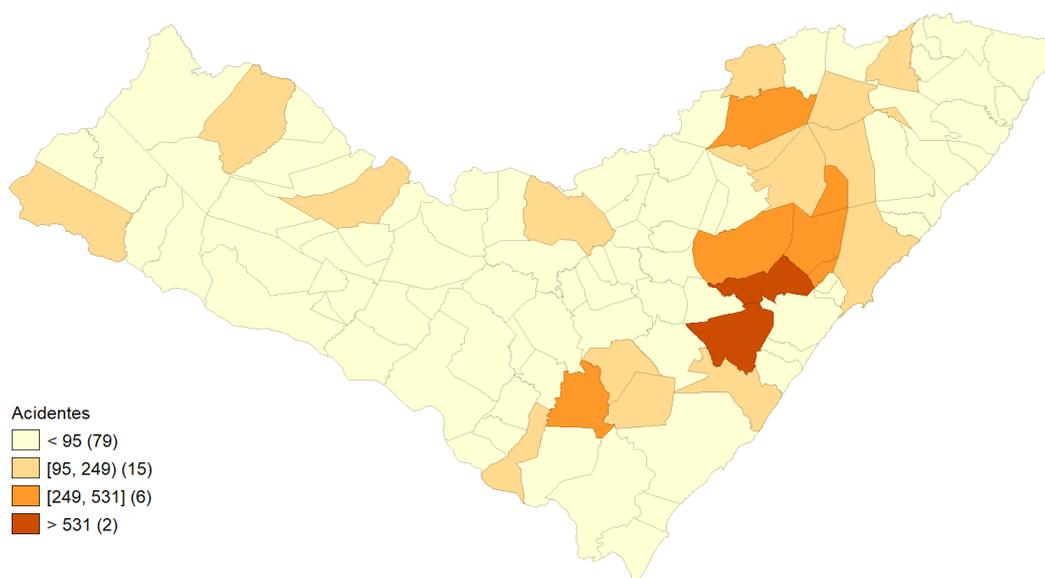
Os pontos na cor roxa indicam os locais onde ocorreram os sinistros no ano de 2017. Os pontos na cor verde indicam os locais onde ocorreram os sinistros no ano de 2018.

Fonte: O autor (2019)

4.3. Identificação das áreas críticas

Para a identificação dos municípios com maior incidência de acidentes de trânsito, o mapa coroplético com valores absolutos (Figura 10) destacou oito cidades as quais enquadravam-se nos altos índices de ocorrências. Com o auxílio da Tabela 3, observou-se a distribuição e verificou-se que as áreas representadas pela cor alaranjada mais forte são os municípios de Pilar e São Miguel dos Campos, enquanto as de cor laranja, são os municípios de Satuba, Atalaia, Rio Largo, São Sebastião, União dos Palmares e Messias. Outros 15 municípios destacam-se na ocorrência dos acidentes: Delmiro Gouveia, Canapi, Santana do Ipanema, Palmeira dos Índios, Porto Real do Colégio, Teotônio Vilela, Branquinha, Jequiá da Praia, Joaquim Gomes, Junqueiro, Maceió, Murici, Novo Lino e São José da Laje

Figura 10 – Distribuição dos acidentes nos municípios



Fonte: O autor (2019)

Tabela 3 – Síntese dos municípios com maior incidência de acidentes.

| Maior Índice de acidente | Quantidade |
|---------------------------------|-------------------|
| São Miguel dos Campos | 537 |
| Pilar | 660 |
| Satuba | 322 |
| Atalaia | 382 |
| Rio Largo | 531 |
| São Sebastião | 249 |
| União dos Palmares | 384 |
| Messias | 259 |

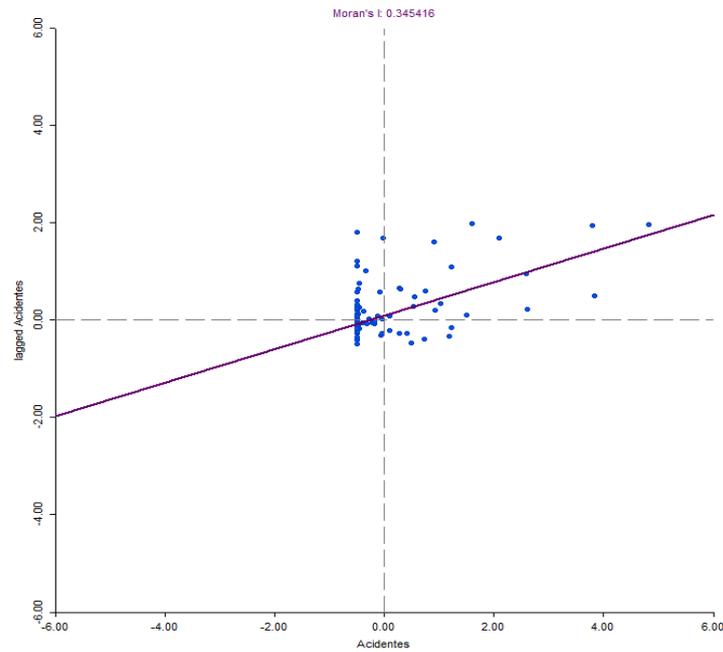
Fonte: O autor (2019)

Em relação as associações espaciais para o número de acidentes (Figura 11), o diagrama de espalhamento apresentou um índice Global de Moran de 0,345 com um *p-value* de 0,001 para todo o estado. Destacando através do LisaMap (Figura 12) que a região Nordeste do Estado, demarcada com a cor vermelha, apresenta um índice Alto-Alto para 8 municípios e na cor azul clara Baixo-Alto para 2 municípios. Já a região Centro-oeste do Estado, apresentou um agrupamento de 11 municípios com um índice de Baixo-Baixo, representado pela cor azul. Para a associação Alta-Baixa não foi encontrado nenhum agrupamento.

No mapa de significância (Figura 13), constatou-se que a mesma região Nordeste apresentou valores de significâncias mais expressivos, estabelecidos entre um *p-value* de 0,01 para 6

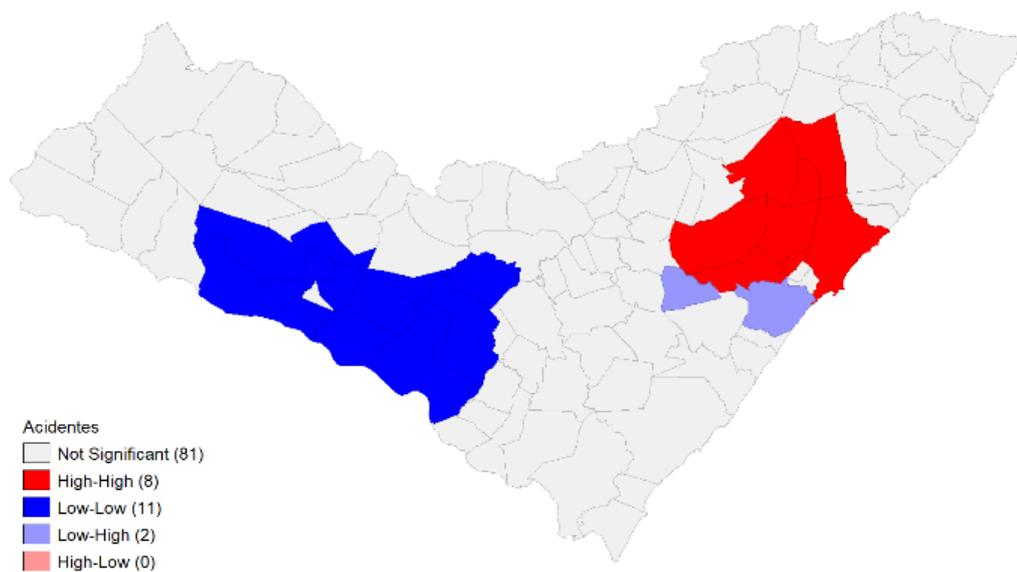
municípios e 0,001 para 3 municípios. Enquanto a região Centro-oeste, apresentou um *p-value* de 0,05 predominante para 8 municípios.

Figura 11 – Diagrama de Espalhamento dos acidentes



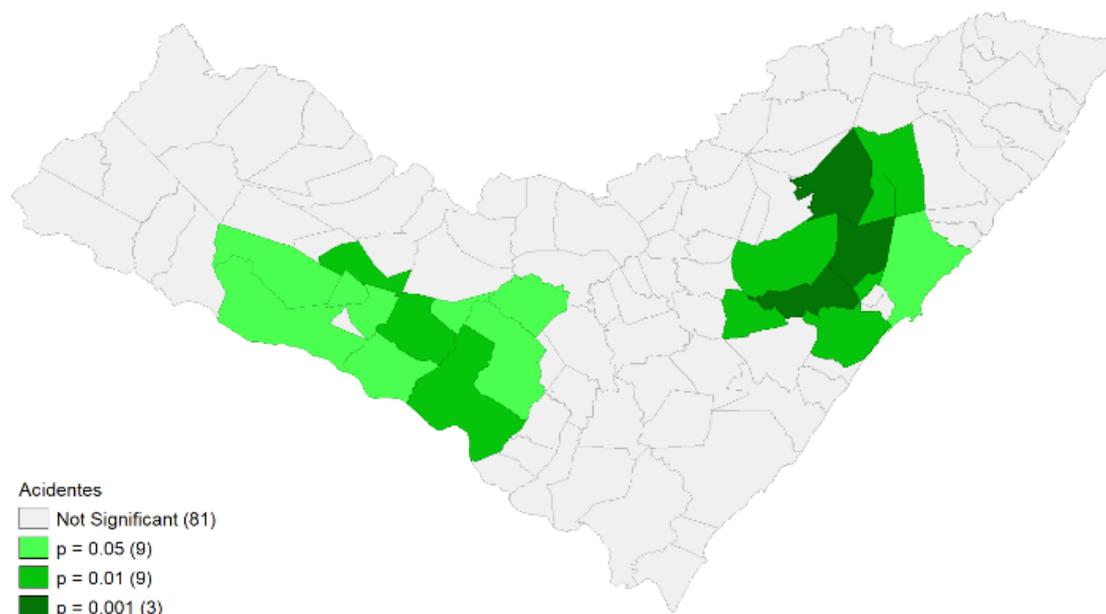
Fonte: O autor (2019)

Figura 12 - LisaMap para o número de acidentes



Fonte: O autor (2019)

Figura 13 – BoxMap de significância dos acidentes



Fonte: O autor (2019)

4.4. Análise do Índice de Moran para associações univariadas

No que se refere as causas de acidentes, foram analisados o índice Global de Moran de 14 fatores contribuintes (Tabela 4). Grande maioria apresentou uma associação positiva, exceto, acidentes relacionados a veículos parados sobre o leito carroçável ($I = -0,042$) e agressão física ($I = -0,007$), que se comportaram de maneira negativa, com valores baixos e *p-value* significativo acima de 5%, descartando assim a hipótese de autocorrelação espacial.

Para as variáveis que apresentaram associação positiva no índice, apenas fenômenos da natureza ($I = 0,052$), defeito no pneu ($I = 0,022$) e mal súbito ($I = 0,008$) são consideradas irrelevantes para serem correlacionadas espacialmente, pois, não atenderam o nível de significância de *p-value* < 0,05. Já os fatores como animais na pista, defeitos mecânicos, falta de atenção e guardar distância de segurança, ultrapassagem perigosa, velocidade incompatível, condutor dormindo, desobediência as normas, ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas, pista escorregadia e defeito na via, elevam a possibilidade da ocorrência de

autocorrelações espaciais quando verificadas com outros fatores contribuintes para acidentes de trânsito.

Tabela 4 – Resultados do Índice Global de Moran das causas dos acidentes

| Variáveis | Índice Global de Moran | p-value |
|--|------------------------|---------|
| Causa dos Acidentes | | |
| Animais na pista | 0,120 | 0,04 |
| Defeitos Mecânicos | 0,219 | 0,01 |
| Falta de Atenção e Guardar Distância de Segurança | 0,339 | 0,01 |
| Ultrapassagem Perigosa | 0,336 | 0,01 |
| Velocidade Incompatível | 0,249 | 0,01 |
| Condutor dormindo | 0,165 | 0,01 |
| Ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas | 0,268 | 0,01 |
| Desobediência as normas | 0,259 | 0,01 |
| Pista Escorregadia | 0,270 | 0,01 |
| Fenômenos da Natureza | 0,052 | 0,18 |
| Defeito no pneu | 0,022 | 0,25 |
| Veículo parado sobre leito carroçável | -0,042 | 0,29 |
| Defeito na via | 0,190 | 0,03 |
| Mal súbito | 0,008 | 0,27 |
| Agressão Física | -0,007 | 0,31 |

Fonte: O autor (2019)

Na Tabela 5 são apresentados os resultados do Índice de Moran para as variáveis relacionadas a fase do dia e a gravidade. Observa-se que todos os fatores obtiveram uma associação positiva com um *p-value* no qual prevalece 0,01, exceto para acidentes que ocorrem durante ao amanhecer ($I = 0,192$), com o *p-value* de 0,03, constatando, ainda assim, uma possibilidade de autocorrelação espacial. Nota-se também que a ocorrência de alguns fatores tendem a índices globais que aproximam-se entre os valores de 0,30 à 0,34 (pleno dia, anoitecer, plena noite, ilesos e feridos graves), justificando a possível existência de dependência espacial quando analisados.

Tabela 5 – Resultados do Índice Global de Moran para fase do dia e gravidade

| Variáveis | Índice Global de Moran | p-value |
|---------------|------------------------|---------|
| Fase do Dia | | |
| Amanhecer | 0,192 | 0,03 |
| Pleno dia | 0,337 | 0,01 |
| Anoitecer | 0,336 | 0,01 |
| Plena noite | 0,338 | 0,01 |
| Gravidade | | |
| Ilesos | 0,333 | 0,01 |
| Feridos Leve | 0,289 | 0,01 |
| Feridos Grave | 0,300 | 0,01 |
| Mortes | 0,256 | 0,01 |

Fonte: O autor (2019)

4.5. Análise do Índice de Moran para associações bivariadas

No que tange as associações bivariadas, o índice global de Moran para as relações entre as causas de acidentes com a fase do dia (Tabela 6), e para a causa do dia com a gravidade do acidente (Tabela 7), apresentaram valores significativos para praticamente todos os casos.

Na relação entre as causas de acidentes e fase do dia, os maiores valores foram para a falta de atenção e guardar distância de segurança, ultrapassagem perigosa, velocidade incompatível, ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas e desobediência às normas, sendo prevalente no amanhecer, pleno dia, anoitecer e plena noite. Os únicos fatores que não mostraram uma relação de dependência espacial foram defeitos no pneu (amanhecer, pleno dia, anoitecer e plena noite), mal súbito (amanhecer) e agressão física (pleno dia, anoitecer e plena noite).

Já na relação entre as causas de acidentes e gravidade do acidente, os valores mais significantes foram prevalentes para falta de atenção e guardar distância de segurança, ultrapassagem perigosa e ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas (ilesos, feridos leves, feridos graves e mortos), velocidade incompatível (ilesos e feridos leves), desobediência às normas (ilesos, feridos leves e feridos graves), pista escorregadia (feridos graves e mortos) e defeito na via (mortos). Já para os fatores de defeito no pneu e agressão física não constatarem nenhum tipo de relação.

Tabela 6 – Resultados do Índice Global de Moran para associações bivariadas

| Variáveis | Índice Global de Moran | | | |
|--|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | Amanhecer | Pleno dia | Anoitecer | Plena noite |
| Animais na pista | 0,174 | 0,172 | 0,191 | 0,171 |
| Defeitos Mecânicos | 0,215 | 0,268 | 0,283 | 0,271 |
| Falta de Atenção e Guardar Distância de Segurança | 0,271 | 0,344 | 0,353 | 0,335 |
| Ultrapassagem Perigosa | 0,266 | 0,358 | 0,362 | 0,359 |
| Velocidade Incompatível | 0,233 | 0,293 | 0,296 | 0,286 |
| Condutor dormindo | 0,187 | 0,226 | 0,227 | 0,222 |
| Ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas | 0,263 | 0,315 | 0,329 | 0,311 |
| Pista Escorregadia | 0,222 | 0,265 | 0,279 | 0,260 |
| Desobediência às normas | 0,231 | 0,298 | 0,302 | 0,294 |
| Fenômenos da Natureza | 0,147 | 0,177 | 0,197 | 0,181 |
| Defeitos no pneu | 0,062 | 0,068 | 0,082 | 0,085 |
| Veículo parado sobre leito carroçável | 0,145 | 0,116 | 0,140 | 0,107 |
| Defeito na via | 0,179 | 0,244 | 0,244 | 0,239 |
| Mal súbito | 0,092 | 0,164 | 0,157 | 0,165 |
| Agressão Física | 0,139 | 0,046 | 0,064 | 0,046 |

Fonte: O autor (2019)

Tabela 7 - Resultados do Índice Global de Moran para associações bivariadas

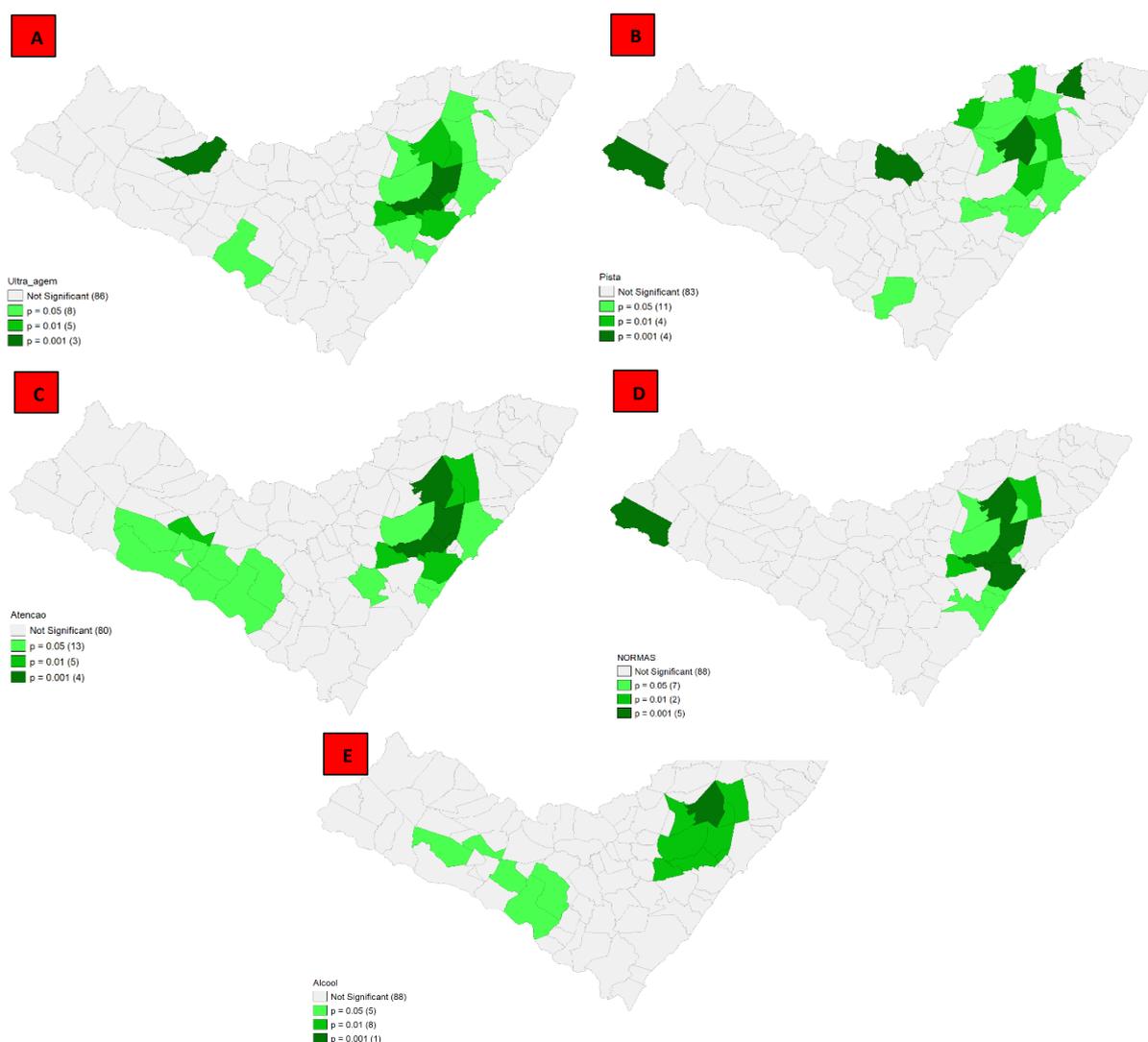
| Variáveis | Índice Global de Moran | | | |
|--|------------------------|---------------|----------------|--------------|
| | Ilesos | Feridos Leves | Feridos Graves | Mortos |
| Animais na pista | 0,151 | 0,158 | 0,203 | 0,215 |
| Defeitos Mecânicos | 0,270 | 0,259 | 0,245 | 0,230 |
| Falta de Atenção e Guardar Distância de Segurança | 0,340 | 0,317 | 0,295 | 0,280 |
| Ultrapassagem Perigosa | 0,357 | 0,331 | 0,336 | 0,300 |
| Velocidade Incompatível | 0,300 | 0,272 | 0,241 | 0,226 |
| Condutor dormindo | 0,242 | 0,213 | 0,187 | 0,194 |
| Ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas | 0,302 | 0,289 | 0,302 | 0,303 |
| Pista Escorregadia | 0,251 | 0,233 | 0,256 | 0,259 |
| Desobediência às normas | 0,289 | 0,276 | 0,270 | 0,234 |
| Fenômenos da Natureza | 0,174 | 0,172 | 0,173 | 0,154 |
| Defeito no pneu | 0,070 | 0,077 | 0,083 | 0,066 |
| Veículo parado sobre leito carroçável | 0,112 | 0,107 | 0,111 | 0,152 |
| Defeito na via | 0,243 | 0,219 | 0,213 | 0,243 |
| Mal súbito | 0,148 | 0,152 | 0,145 | 0,140 |
| Agressão Física | 0,027 | 0,047 | 0,094 | 0,077 |

Fonte: O autor (2019)

4.6. Análise do BoxMap de Significância e LisaMap para associações univariadas

A Figura 14 demonstra os BoxMaps de significância dos fatores que apresentaram os maiores índices de Moran. Comparando os mapas evidencia-se que o comportamento dos mesmos, principalmente na região Nordeste e Centro-oeste, seguem um estilo padrão de distribuição das significâncias, porém, com áreas distintas. Os municípios de Pilar, Murici, Rio Largo, Satuba, Marechal Deodoro, Delmiro Gouveia, Palmeira dos Índios, Novo Lino e Santana do Ipanema apresentaram uma alta significância ($p\text{-value} < 0,001$) para os fatores, revelando uma grande quantidade de acidentes de trânsito associados nessas cidades.

Figura 14 – BoxMaps de significância dos fatores contribuintes de maior índice de Moran

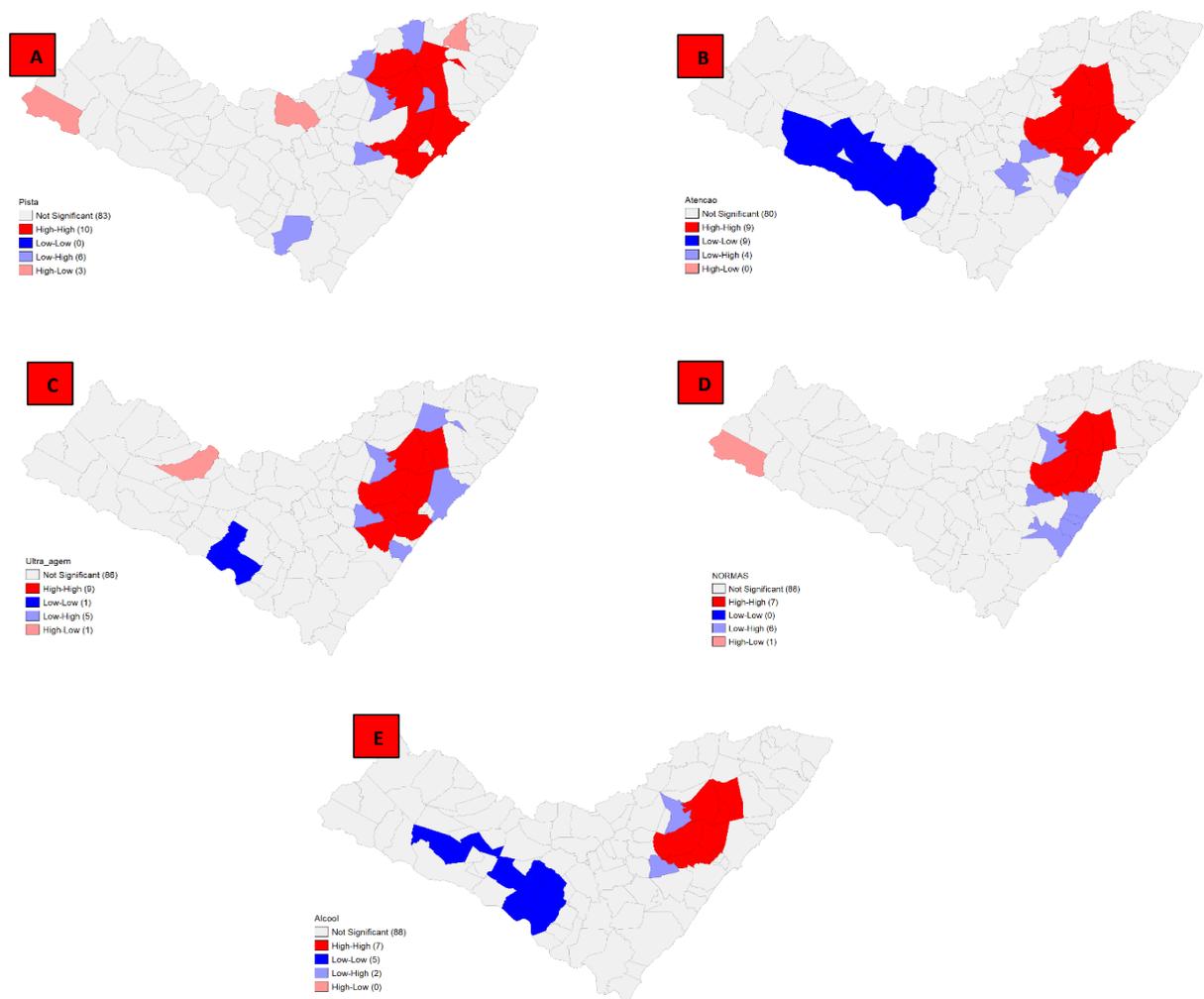


Os BoxMap's A, B, C, D e E estão associados aos sinistros 'Ultrapassagem perigosa', 'Pista escorregadia', 'Falta de atenção e guardar distância de segurança', 'Desobediência as normas' e 'Ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas', respectivamente.

Fonte: O autor (2019)

O LisaMap dos fatores contribuintes com maior índice de Moran (Figura 15), confirmam os resultados encontrados no mapa de significância, evidenciando a área Nordeste do Estado na cor vermelha com os índices Alto-Alto. Para o fator de pista escorregadia obteve-se 10 municípios com índice Alto-Alto, 6 para o Baixo-Alto e 3 para o Alto-Baixo. Já para a falta de atenção, 9 Alto-Alto, 4 Baixo-alto e 9 Baixo-Baixo. Ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias destacou-se 7 Alto-Alto, 2 Baixo-Alto, 5 Baixo-Baixo. Para desobediência às normas, 7 Alto-Alto, 6 Baixo-Alto e 1 Alto-Baixo. E por fim, o fator de ultrapassagem perigosa, 9 Alto-Alto, 5 Baixo-Alto, 1 Baixo-Baixo e 1 Alto-Baixo.

Figura 15 – LisaMap dos fatores contribuintes com maior índice de Moran



Os LisaMap's A, B, C, D e E estão associados aos sinistros 'Pista escorregadia', 'Falta de atenção e guardar distância de segurança', 'Ultrapassagem perigosa', 'Desobediência as normas' e 'Ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas', respectivamente.

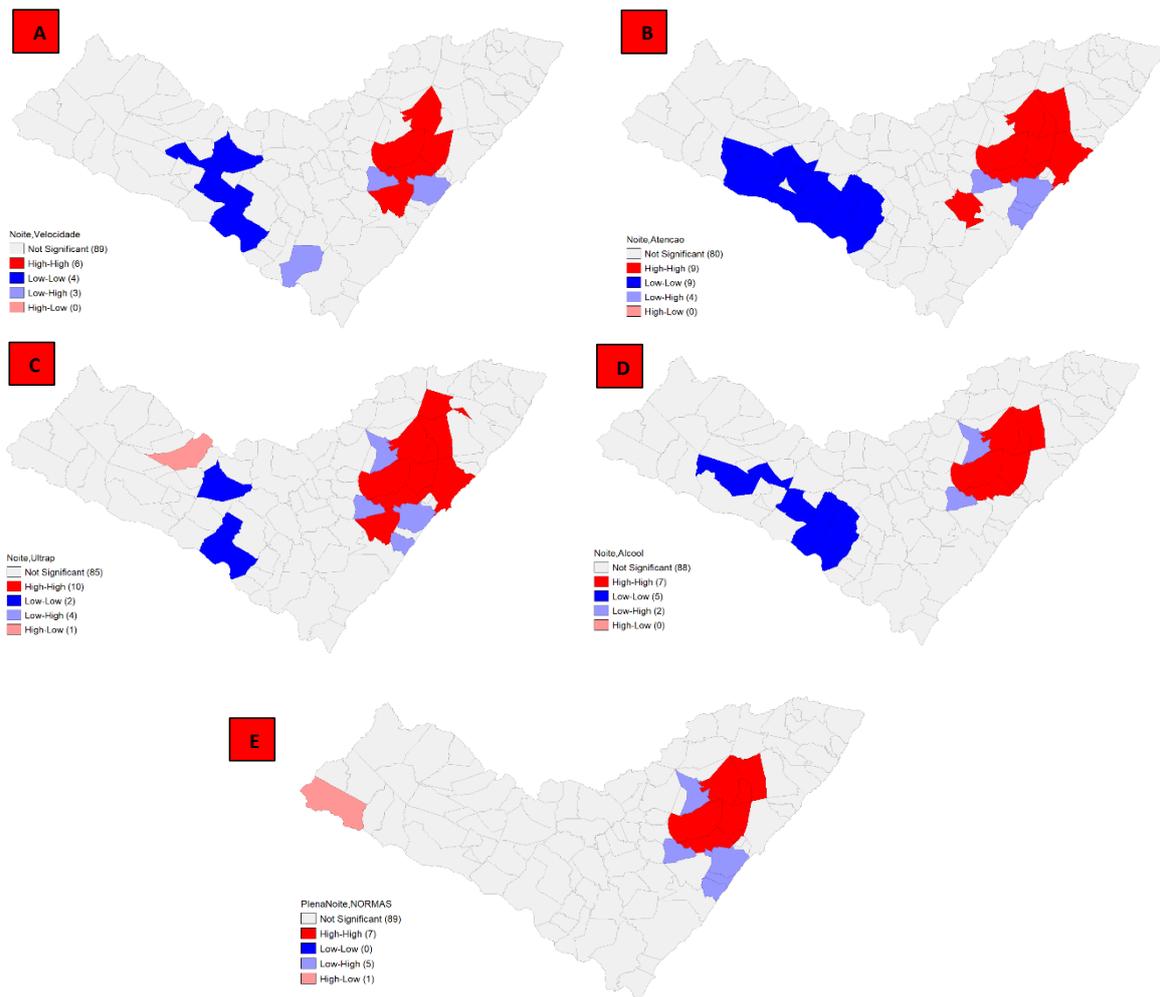
Fonte: O autor (2019)

4.7. BoxMaps de Significância e LisaMap para associações bivariadas

4.7.1. Relação das causas de acidentes com a fase do dia

O LisaMap para os fatores contribuintes com maior índice de Moran associado a fase do dia (Figura 16), revelam um comportamento similar para algumas regiões.

Figura 16 – LisaMap dos fatores contribuintes com maior índice de Moran associados a fase do dia (noite)



Os LisaMap's A, B, C, D e E estão associados aos sinistros 'Velocidade Incompatível', Falta de atenção e guardar distância de segurança', 'Ultrapassagem perigosa', 'Ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas', 'Desobediência às normas', respectivamente.

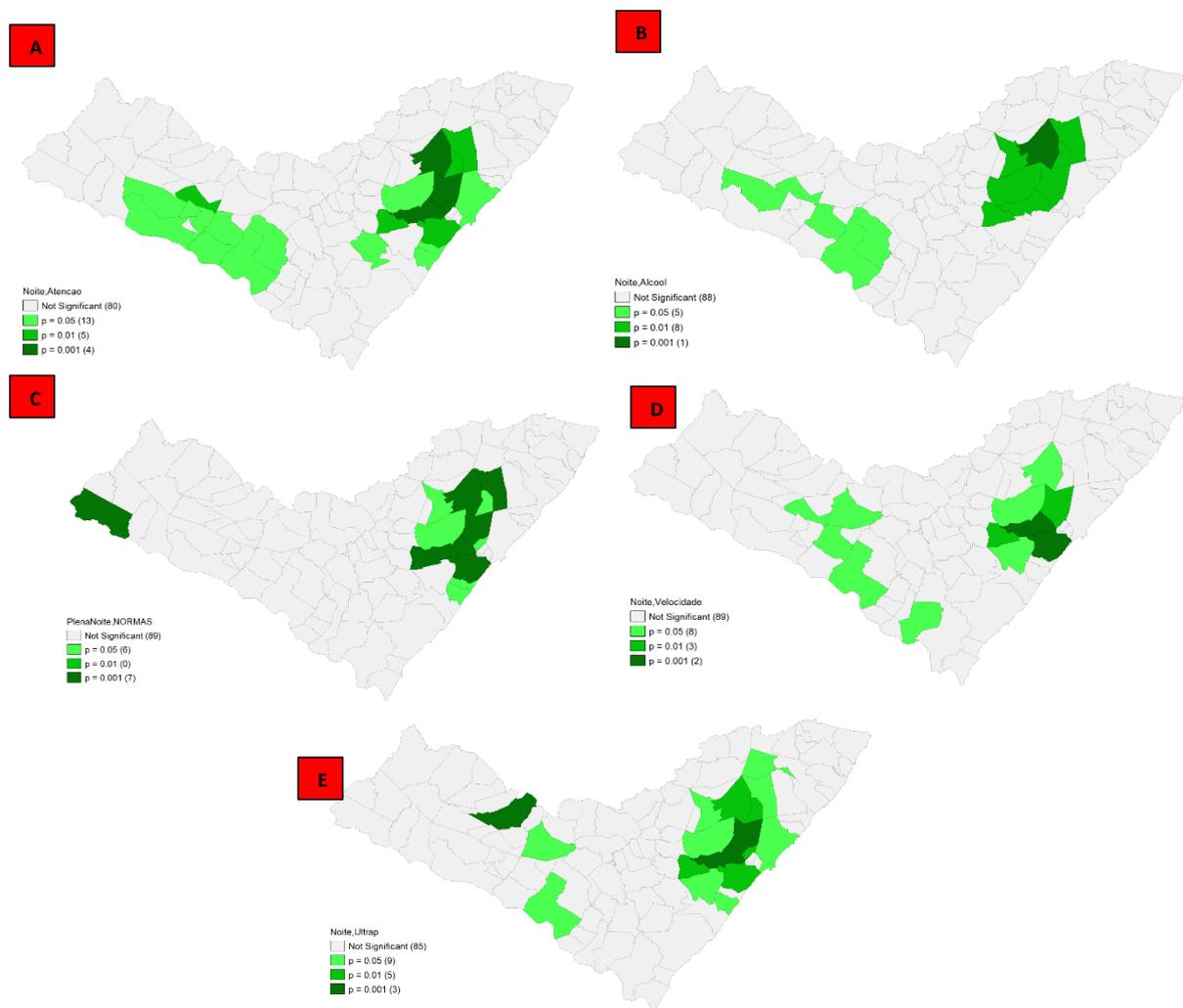
Fonte: O autor (2019)

Foram plotados mapas com associações entre velocidade incompatível, falta de atenção, ultrapassagem perigosa, ingestão de álcool e substâncias e desobediência às normas com a variável noite. Para a associação bivariada entre velocidade incompatível e noite, 6 municípios apresentaram o índice Alto-Alto, 4 Baixo-Baixo e 3 Baixo-Alto; falta de atenção e noite, 9

municípios apresentaram o índice Alto-Alto, Baixo-Baixo e 4 Baixo-Alto; ultrapassagem perigosa e noite, 10 municípios apresentaram o índice Alto-Alto, 2 Baixo-Baixo, 4 Baixo-Alto e 1 Alto-Baixo ; ingestão de álcool e noite, 7 municípios apresentaram o índice Alto-Alto, 5 Baixo-Baixo e 2 Baixo-Alto; e, desobediência às normas e noite, 7 municípios apresentaram o índice Alto-Alto, 5 Baixo-Alto e 1 Alto-Baixo.

Já a Figura 17 apresenta o BoxMaps de significância dos fatores contribuintes com maior índice de Moran associados a fase do dia (noite).

Figura 17 – BoxMaps de significância dos fatores contribuintes com maior índice de Moran associados a fase do dia (noite)



Os BoxMap's A, B, C, D e E estão associados aos sinistros 'Falta de atenção e guardar distância de segurança', 'Ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas', 'Desobediência as normas', 'Pista escorregadia' e 'Ultrapassagem perigosa' respectivamente.

Fonte: O Autor (2019)

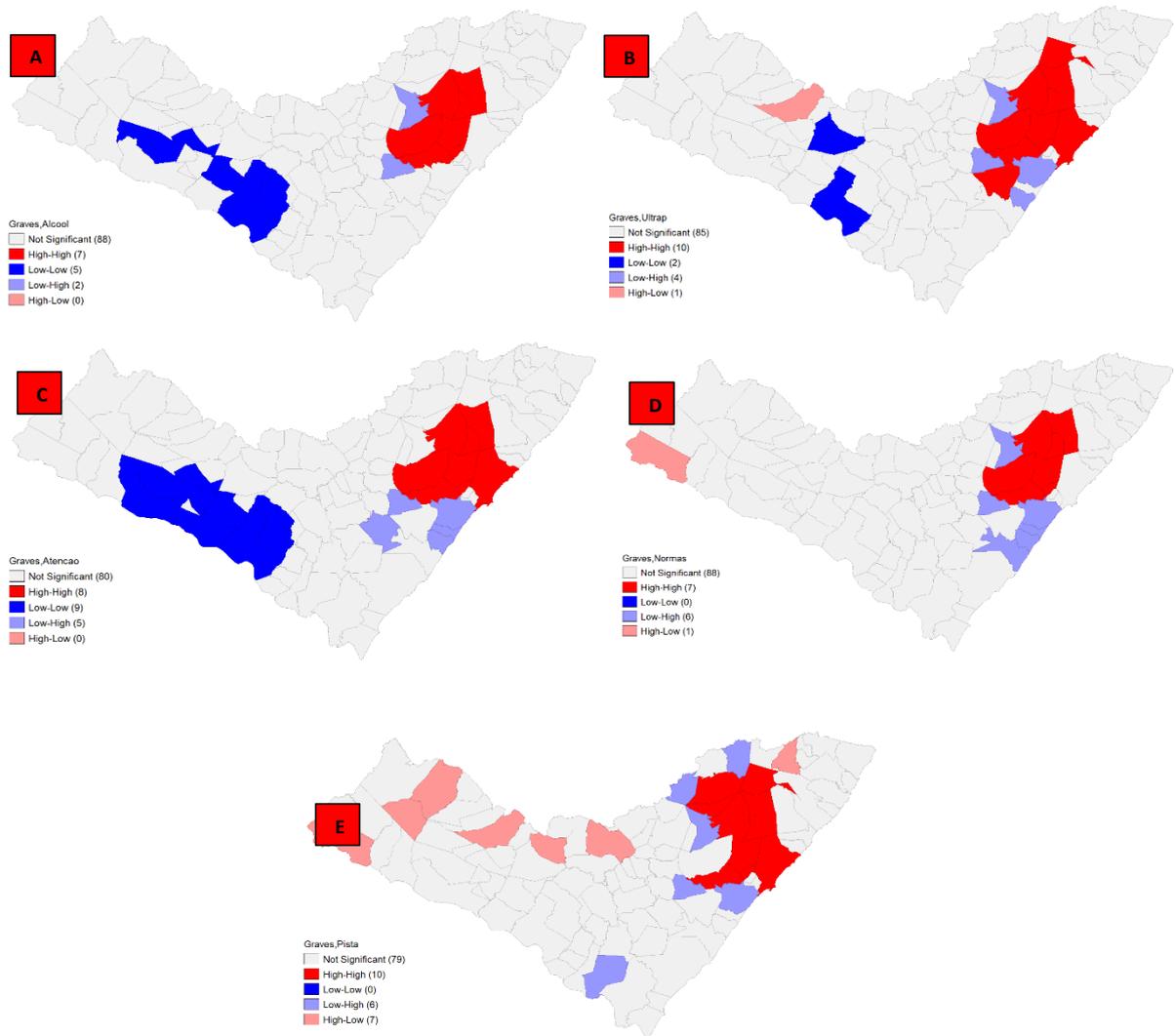
As cidades referenciadas com a cor verde mais escuro (significância de $p\text{-value} < 0,001$), são Pilar, Rio Largo, Murici, Flexeiras, Novo Lino, Delmiro Gouveia, Marechal Deodoro e

Boca da Mata. Para a significância de $p\text{-value} < 0,01$, tem-se as cidades de Messias, Satuba e Atalaia. As outras cidades dessa região que demonstraram um nível de significância com $p\text{-value} < 0,05$, são Capela e Ibateguara.

4.7.2. Relação das causas de acidentes com a gravidade dos acidentes

Para a associação dos fatores de causa com acidentes e gravidade dos acidentes, o LisaMap (Figura 18) destaca as vítimas consideradas com ferimentos graves, pois apresentaram o maior índice global de Moran para essa situação.

Figura 18 – LisaMap dos fatores contribuintes com maior índice de Moran associados a gravidade



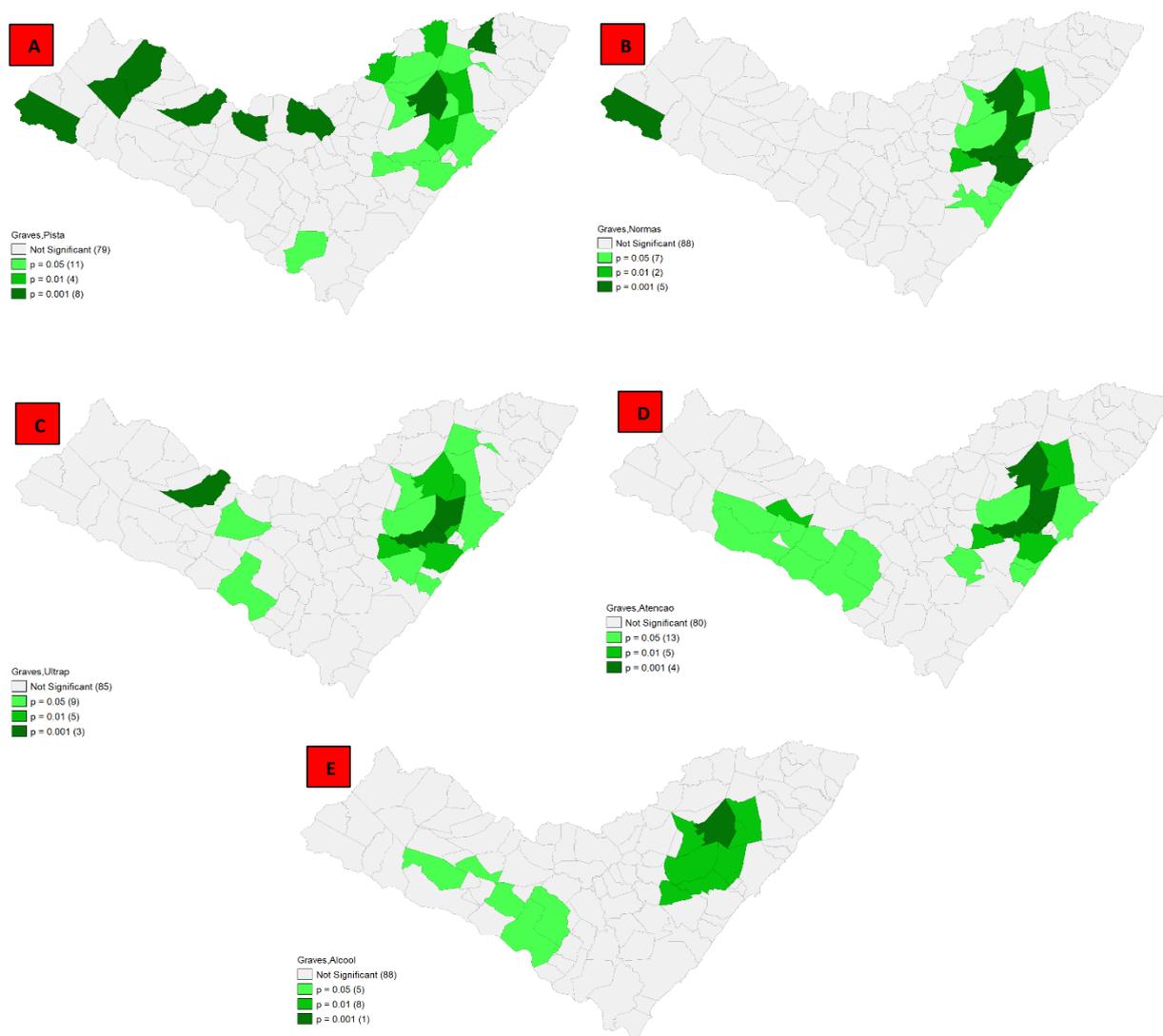
Os LisaMap's A, B, C, D e E estão associados aos sinistros 'Ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas', 'Ultrapassagem perigosa', 'Falta de atenção e guardar distância de segurança', 'Desobediência as normas' e 'Pista escorregadia', respectivamente.

Fonte: O autor (2019)

Para a relação entre acidentes com feridos graves por causa de ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicodélicas, constatou-se um índice de Alto-Alto para 7 municípios, 5 Baixo-Baixo e 2 Baixo-Alto; acidentes com feridos graves e ultrapassagem perigosa, 10 (dez) municípios apresentaram índices de Alto-Alto, 2 Baixo-Baixo, 4 Baixo-Alto e 1 Alto-Baixo; acidentes com feridos graves e falta de atenção, verificou-se o índice de 8 Alto-Alto, 9 Baixo-Baixo e 5 Baixo-Alto; acidentes com feridos graves e desobediência às normas, 7 municípios apresentaram índice Alto-Alto, 6 Baixo-Alto e 1 Alto-Baixo; e, acidentes com feridos graves e pista escorregadia, 10 municípios com índice de Alto-Alto, 6 Baixo-Alto e 7 Alto-Baixo.

Quanto ao BoxMaps de significância (Figura 19), observa-se que para a associação de acidentes com ferimentos graves e causas dos acidentes que apresentaram maior índice global de Moran, existe um maior índice de municípios que possuem um $p\text{-value} < 0,001$, dos que as outras associações analisadas. As cidades que ganham destaque são: Delmiro Gouveia, Cacimbinhas, Canapi, Santana do Ipanema, Inhapi, Murici, Novo Lino, Palmeira dos Índios, Pilar, Rio Largo e Marechal Deodoro. Já as cidades com uma significância com $p\text{-value} < 0,01$, aparecem as cidades de União dos Palmares, Flexeiras, Boca da Mata, Ibataguara, Santana do Mundaú, Atalaia e Messias. Para a significância com $p\text{-value} < 0,05$, as cidades possuem um comportamento avulso, porém, vale destacar Porto Real do Colégio.

Figura 19 – BoxMaps de significância dos fatores contribuintes com maior índice de Moran associados a gravidade



Os BoxMap's A, B, C, D e E estão associados aos sinistros 'Pista escorregadia', 'Desobediência as normas', 'Ultrapassagem perigosa', 'Falta de atenção e guardar distância de segurança' e 'Ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas', respectivamente.

Fonte: O Autor (2019)

4.8. Análise Geral dos Resultados

Aqui serão discutidos os principais resultados a luz da literatura encontrada sobre o tema em questão, assim como serão apresentados os achados de estudos que fizeram o uso de métodos estatísticos, afim de comparar os resultados encontrados.

4.8.1. Georreferenciamento

A partir do georreferenciamento, observou-se uma indicação de maiores aglomerados de pontos na região nordeste do Estado. Fato esse que, Brandão (2007), enfatiza sobre os

procedimentos de identificação de pontos críticos, destacando a tendência de determinados locais de ocorrência agregarem-se mesmo que exista uma grande distribuição espacial dos eventos pela malha viária.

Estudos anteriores, garantem que a utilização de Sistemas de Informações Geográficas para a identificação de pontos e áreas, tem-se mostrado eficazes, contribuindo para a elaboração de planos para a redução de acidentes (KOBAYOSHI, CARVALHO, 2011; SCHWARZ, 2013; SANTIAGO; SILVA, 2016; SATRIA; CASTRO, 2016; SOUZA; SILVA, 2017). Dessa forma, as rodovias BR-101, BR-104 e BR-316 as quais abrangem essa região, tornam-se significativas quando visualizadas através do georreferenciamento, principalmente por serem rotas que levam as cidades vizinhas e Estados a capital de Alagoas, Maceió.

Já a BR-424, BR-110 e BR-423, quando analisadas em questão de extensão e comparadas a BR-101, BR-104 e BR-316, tornam-se menos significativas, além disso, duas delas estão localizadas em uma das regiões menos povoadas do estado, o Sertão. Porém, Bottesini e Nodari (2011) destacam que as causas dos acidentes estão associados a diversos fatores, incluindo o comportamento e o desempenho do motorista.

Contudo, as condições impostas aos condutores, como o tipo de pista e o sentido, são aspectos relevantes no que tange a identificação de pontos críticos. Segundo Salvador (2009), as pistas simples com sentido contrário são utilizadas como principais rotas de tráfego para regiões turísticas ou montanhosas, exigindo operações de alta complexidade. Fatores estes, que caracterizam a região nordeste de Alagoas.

4.8.2. Zonas Críticas

Tratando-se dos municípios com alta incidência, quando realizado a análise espacial através do diagrama de espalhamento de Moran, BoxMap de significância e LisaMap, os resultados encontrados para o georreferenciamento foram evidenciados. O elevado índice da região Nordeste, principalmente para as cidades de Pilar, São Miguel dos Campos e Rio Largo, relatado pelo mapa absoluto, está associado a interligação de rodovias federais entre eles.

A cidade de Pilar, por sua vez, é cortada por três rodovias federais (BR-101, BR-316 e BR-424), desencadeando um fluxo contínuo e elevado de carros. Segundo o IPEA (2015), quanto maior o tráfego de veículos, maiores são os conflitos existentes no local, e conseqüentemente, pressiona os índices de acidentes nesses locais. Logo, a possibilidade do município estar em

uma zona crítica, aumentam. Os municípios de São Miguel dos Campos e Rio Largo, seguem o mesmo modelo de Pilar, por se tratar de fronteiras, suas rodovias se complementam, ocasionando o alto fluxo de transportes viários.

Porém, quando analisado os índices de Alto-Alto, observa-se que a cidade de São Miguel dos Campos não apresenta valores significativos para incluir-se no agrupamento, justificada por um valor mais discrepante que sua vizinhança, e, possivelmente, situada em uma zona de transição. Quanto as cidades que fazem parte do agrupamento (Atalaia, Flexeiras, Maceió, Murici, Messias e Satuba), formam valores superiores à média, caracterizados como *clusters* positivos.

Para o índice Baixo-Alto, a dependência espacial apontou que os municípios de Marechal Deodoro e Boca da Mata enquadram-se nesse modelo, apresentando uma média negativa para os valores de acidentes, porém, a média dos vizinhos positivas, colocando as cidades como uma possível área de risco. No que diz respeito a Boca da Mata, as rodovias federais são inexistentes, mas, possui canais viários que ligam as rodovias estaduais, como a AL-105 a BR-101 e AL-215 a BR-316.

Os índices Baixo-Baixo para a região Centro-oeste do Estado, com índice global de Moran negativo, revela a inexistência de acidentes nessa área, ocasionada por a não passagem de rodovias federais pelas as cidades. Portanto, os municípios de Batalha, Belo Monte, Craíbas, Girau do Ponciano, Jacaré dos Homens, Jaramataia, Monteirópolis, Olho D'Água das Flores, Pão de Açúcar, São José da Tapera e Traipu, são isentos das estatísticas relacionadas a rede viária de tráfegos nacional.

Os outros municípios não apresentaram significância quando analisado apenas o fator geral de acidentes, comportando-se como a cidade de São Miguel dos Campos, revelando áreas de transição as quais não são possíveis identificar se existem ou não zonas críticas geradas a partir do tráfego de veículos. Entretanto, não significa que algumas destas cidades sejam locais críticos quando analisados outros fatores. Dessa forma, especifica-se que não existe somente a necessidade de compreender o comportamento desses processos, mas buscar a relação com outros fenômenos espaciais nessas áreas.

4.8.3. Índice de Moran para associações Univariadas

Para as cinco causas de acidentes com maior significância, observou-se que os fatores associados a ações humanas apresentaram os melhores índices para a existência de dependência espacial, como a falta de atenção do motorista e não guardar distância de segurança ($I= 0,339$), ultrapassagem perigosa/indevida ($I= 0,336$) e ingestão de bebidas alcóolicas e substâncias psicoativas ($I= 0,268$). Contudo, o fator institucional, desobediência às normas de trânsito ($I= 0,259$), e o fator viário, pista escorregadia ($I= 0,270$), englobam este grupo.

O fator de falta de atenção do motorista e não guardar a distância de segurança destaca-se entre os outros fatores, por possuir resultado mais expressivo. Estudos anteriores, evidenciam que a falta de atenção é uma das principais causas de acidente no território brasileiro (ALMEIDA *et al.*, 2009; KUCEK JÚNIOR, 2014). Segundo Balbinot *et al.* (2011), vários fatores podem tirar a atenção e a performance do condutor de trânsito, então conhecer suas funções psicológicas e cognitivas ao dirigir, torna-se essencial para a redução desses eventos.

A proatividade do condutor é determinante para decidir quais os movimentos, os espaços e tempos necessários para evitar um acidente. Para Andrade *et al.* (2003), a falta de estudos que avaliam as causas fundamentais das distrações no trânsito, gera inúmeras questionamentos acerca de medidas que podem ser tomadas, porém, aponta que a falta de requisitos básicos de segurança dentro do veículo e menores pontos de fiscalizações no tráfego contribuem para o aumento de acidentes de trânsito.

É importante destacar que em estudos anteriores, (BOTTESINI; NADARI, 2011), colocam que as medidas de segurança associadas à restrição de direitos e as que oferecem possibilidades de serem flagrados pelas autoridades, influenciam os motoristas a cometerem menos infrações.

Já no estudo de Rueda e Gurgel (2008), ao aplicarem um Teste de Atenção Concentrada (TEACO-FF) para motoristas, observou-se que o nível de escolaridade e o tipo de carteira de habilitação procurada pelos usuários (remunerada e não remunerada), apresentam resultados significativos. Ou seja, são fatores que, por não haver normas que garantam o controle, impactam diretamente na falta de atenção do condutor e acaba, posteriormente, ocasionando acidentes de trânsito.

Outros aspectos devem ser levados em consideração. Chagas (2011), mostra que esse fator não requer apenas exigências dos motoristas, mas também dos pedestres, pois, o posicionamento indevido, deslocamento de forma descuidada e a pressa, acaba gerando

acidentes. Então, as medidas de segurança tomadas para esse fator, devem ser relevantes ao ponto de garantir tanto para os motoristas, como para os pedestres a não ocorrência de problemas no tráfego.

O fator de ultrapassagem perigosa/indevida e ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas, por estar ligado totalmente ao fator de atenção do condutor, as taxas encontradas para esse tipo de acidente, tornam-se significantes. Autores como Marín e Queiroz (2000) retratam sobre a relação desses fatores e seus potenciais problemas para o meio social.

A escassez sobre trabalhos em que tratem de maneira exploratória dados relacionados ao fator de ultrapassagem perigosa/indevida ainda é alta. Contudo, Almeida *et al.* (2009), realiza associações para identificar o quão críticas se encontravam rodovias federais do estado do Mato Grosso no ano de 2004, e mostra, através de resultados, que a relação desse fator entre condições impostas e outros fatores, apresentam algumas significâncias.

Já Damacena *et al.* (2016) apresenta um conjunto de fatores sociodemográficos que quando ligados ao consumo abusivo e frequente do álcool, tornaram-se significantes para a ocorrência de acidentes de trânsito. Campos *et al.* (2013), aponta estudos brasileiros realizados por um Levantamento Nacional (2010) que coloca estudantes do sexo masculino, com idade entre 25 e 34 anos como o grupo com a maior frequência de ingerir bebidas e dirigir após o consumo, além disso, demonstra a importância sobre monitorar o comportamento dos condutores.

Alves e Gomes (2014), evidenciam princípios da psicologia na qual, dirigir é uma condição básica que necessita manter a saúde adequada, dispensando a utilização de bebidas alcoólicas ou substâncias para a realização desta atividade, pois, garantem uma organização no sistema viário, o cumprimento das regras no trânsito e um comportamento natural do condutor.

Ou seja, existe uma dependência entre fatores naturais e fatores psicológicos, e quando tratados de maneira correta, podem contribuir para uma redução de problemas sociais, inclusive, de acidentes de trânsito. Porém, a identificação e tratamento são variáveis que precisam de estudos específicos para serem efetuadas.

Para o fator de desobediência às normas de trânsito, compreender o que leva o condutor a infringi-las, torna-se complexo. No Brasil, segundo o relatório de Avaliação de Políticas Públicas de Transportes – MTPA (2018), enquanto alguns fatores obtiveram redução na quantidade de acidentes, para este não ocorreu, indicando uma baixa nas ações públicas voltadas para o tema.

Bottenesi (2010) analisa a relação de comportamentos ligados às normas de segurança no tráfego, revelando que o elemento humano é o principal fator contribuinte para acidentes de trânsito, e boa parte, por conta das práticas de violações e infrações às leis de trânsito. Além disso, destaca que fatores como a idade do motorista e o gênero são determinantes para conhecer o perfil de pessoas que encaixam-se nesse meio.

O desrespeito às leis de trânsito têm se mostrado significativo para condutores de motocicletas, principalmente para motoboys (DINIZ *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2008), sendo justificadas pelo o curto tempo de entrega. Aspecto esse, que pode ser levado para a realidade atual, na qual as pessoas dispõem de menos horários para a realização de suas tarefas, e por estar sobrecarregados, acabam não respeitando sinalizações.

Queiroz e Oliveira (2003) ressaltam em seu trabalho com condutores, que não basta ter leis severas se ela não forem aplicadas para todas as pessoas e não houver uma fiscalização eficiente. Estudos anteriores, (BERGAMASHI, 2010), ainda revelam zonas críticas da cidade de Vitória – ES que apontaram como principal causa o desrespeito às normas de segurança no trânsito, tanto por parte dos condutores, como dos pedestres. Isto é, as características de influência estão associadas a qualquer pessoa, independentemente de sua posição na sociedade.

Em relação a pista escorregadia, associam-se problemas em que as vias estão expostas. Andersson e Chapman (2010), ao analisarem o impacto da temperatura relacionada aos acidentes de trânsito no Reino Unido, observaram que o clima de inverno impacta diretamente sobre esse índice, elevando as causas relacionadas a pista escorregadia. E quando trata-se de clima, as chuvas são os principais responsáveis pelos os problemas de tráfego, pois, através de uma combinação de vários efeitos físicos, causam embaraços nas malhas viárias, incluindo a perda do atrito entre o pneu e a estrada (JAROSZWESKI; MCNAMARA, 2014).

Outros fatores incluem a manutenção das vias, Eisenberg (2004), especifica que após longos períodos de seca seguidos de chuva, o petróleo acumulado nas estradas podem ocasionar possíveis acidentes de trânsito. Então, a verificação e acompanhamento dos departamentos de transportes quanto as manutenções realizadas nas rodovias é essencial para evitar eventos que contribuam para o agravamento de vítimas no trânsito.

No Brasil, não foram encontrados trabalhos em que retratem a realidade brasileira sobre a causa de pistas escorregadias, porém, observa-se que algumas regiões como o Nordeste (alta incidência de seca) e a região Sul e Sudeste (alta incidência de chuvas com inverno rigoroso), apresentem algum tipo de relação para este fator.

Para as fases do dia, encontrou-se uma significância para todos os casos, possuindo maior índice espacial, respectivamente, plena noite ($I= 0,338$), pleno dia ($I= 0,337$), anoitecer ($I= 0,336$) e amanhecer ($I= 0,192$). Observa-se que para o acontecimento de acidentes na área estudada, não existem fases determinantes, mas sim, características inerentes aos locais que propiciam o acontecimento dos eventos.

Estudos de caracterização de acidentes de trânsito nas rodovias federais realizado por órgãos brasileiros (CNT, 2018), mostram uma disparidade entre os resultados acumulados entre os anos de 2007 e 2017, prevalecendo o pleno dia (53,4%) e plena noite (35,0%) mais favoráveis para o desencadeamento de problemas no trânsito.

Cabral (2009) explica que a baixa frequência de acidentes pelo amanhecer está ligado ao fato de recomposição corporal e mental do condutor, os baixos índices de cansaço, fome e sono favorecem a um comportamento ideal no trânsito. Já Oliveira e Sousa (2004) destaca que o motivo de maiores ocorrências durante o fim do dia partem de contribuições relacionadas a diversas condições físicas, entre elas pressões, ansiedade, estresse e entre outros.

Quanto a gravidade, os valores encontrados indicaram uma correlação espacial para todas as classes: ilesos ($I= 0,333$), feridos graves ($I=0,300$), feridos leves ($I=0,289$) e mortes (0,256). Na literatura é possível encontrar estudos de avaliação da gravidade em muitos países, (SALLUM; KOIZUME, 1999; ÕNA *et al.*, 2011; ALMEIDA *et al.*, 2013; MANNER; WUNSCH-ZIEGLER, 2013; ZHANG *et al.*, 2013; CHIU *et al.*, 2018; SAM *et al.*, 2018; XU *et al.*, 2018; LIU *et al.*, 2019; SADDAT *et al.*, 2019) os quais buscaram associações de lesões em indivíduos vítimas de acidentes de trânsito. Revelando assim, preocupação eminente com este fator, por estar ligado diretamente a vida do cidadão.

É importante destacar que a categoria de pessoas relacionadas a este tipo de evento, é primordial para o maior agravamento, pois, ao levar um acidente o envolvido pode estar em um veículo automotor, a pé ou até mesmo em um animal e devido a mecanismos de segurança, sabe-se que pedestres, motociclistas e ciclistas estão nos grupos mais vulneráveis (SOARES; BARROS, 2006).

Trabalhos que buscam compreender as variáveis associadas a este grupo tornam-se mais comuns do que para outros tipos de veículos. Ramos (2008) ainda afirma que existem muitos outros fatores que contribuem para o agravamento de um acidente de trânsito e suas identificações são necessárias.

4.8.4. Índice de Moran para associações bivariadas

Quando analisado as associações entre causa de acidentes, fase do dia e gravidade, observou-se uma variação entre alguns fatores, porém, com grande maioria apresentando significância para determinadas regiões. A relação espacial mais significativa entre causa de acidente e fase do dia foi expressa através de Ultrapassagem perigosa ao Anoitecer ($I= 0,362$), em Plena noite ($I= 0,359$) e Pleno dia ($I= 0,358$) e na Falta de atenção e guardar distância de segurança ao amanhecer ($I= 0,271$).

Já para relação espacial entre causa de acidente e gravidade, observou-se também um resultado mais expressivo para a Ultrapassagem perigosa tanto para acidentes sem vítimas (Ilesos, $I= 0,357$), como para acidentes com vítimas feridas (Feridos Leves, $I= 0,331$; Feridos Graves, $I= 0,336$). Para acidentes com vítimas fatais, a associação mais significativa apareceu para Ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas (Mortes, $I= 0,303$).

A relação entre ultrapassagem perigosa e os fatores de gravidade e fase do dia, podem ser explicitados a partir da caracterização básica dos acidentes de trânsito no local de estudo. A alta incidência de ocorrências relatadas por colisão (54,1%), independentemente de sua natureza, aponta que o comportamento tomado pelos condutores, convergem para esse fator de contribuição em conjunto com via reta (59,78%) e pista simples (82,69%), classificando o ambiente como favorável para ultrapassagens.

O Ministério Público do Distrito Federal e Territórios – MPDFT (2014) através de uma cartilha de segurança no trânsito, traçou recomendações para situações de pouca ou muita intensidade de luz natural (sol) e artificial (iluminação pública e farol), relatando que boa parte dos acidentes acontecem nessas condições pois afetam a capacidade do motorista enxergar com clareza os elementos de trânsito. Então, fatores como a ultrapassagem perigosa e falta de atenção nessas situações, tem efeito direto no desempenho e comportamento do condutor, propiciando situações de maior ou menor risco.

Entre as causa de acidentes e gravidade, o fato da ultrapassagem perigosa está relacionada a colisões, subtende-se que, o indivíduo envolvido corre riscos de escoriações leves e graves por todo corpo. A junção de fatores como velocidade e direção são determinantes para o estado de saúde dos ocupantes do veículo, pois, quanto mais rápido, maior será o impacto. Ou seja, refletem diretamente nas vítimas, e por isso, a utilização de normas e conhecimento dos condutores, tornam-se primordiais para a segurança do trânsito.

Já a alta taxa de mortalidade ligada a acidentes com a ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas ainda é uma realidade no Brasil. Abreu *et al.* (2018) mostra que mesmo com a implantação do CTB e de programas como a Lei Seca, ainda que haja uma redução nos números, esse fator ainda está ligado a um alto risco.

Além disso, o fato da ingestão de bebidas e substâncias psicoativas agir diretamente no sistema psicológico do condutor, a imprevisibilidade do que pode acontecer torna-se real, logo, o risco de eventos como colisões, capotamentos e saída de pista são altas. Através dessa exposição, os índices de mortalidades por esse fator tornam-se mais significativos.

4.8.5. BoxMap de Significância e LisaMap para associações univariadas

O Box Plot de significância das cinco principais causas de acidentes apontou a região nordeste do estado de Alagoas, Zona da Mata, com os valores mais significativos, destacando-se o município de Pilar que nos fatores de ultrapassagem perigosa, desobediência às normas de trânsito e falta de atenção e guardar a distância de segurança, revelou um $p\text{-value} < 0,001$. Ao analisar o Agreste e Sertão, apenas a cidade de Delmiro Gouveia, aponta valores significativos ($p\text{-value} < 0,001$) para mais de um fator, sendo eles a desobediência de normas de trânsito e pista escorregadia.

O LisaMap demonstra a divisão entre as zonas que possuem altos níveis de acidentes pelas causas analisadas, e evidencia que, a região destacada, pelos os níveis de Alto-Alto é a área mais crítica do estado, apontada pelos agrupamentos de todos os fatores analisados. Ou seja, a influência desses fatores nessa região, cooperam para um maior número de acidentes, e, conseqüentemente, o maior número de vítimas.

Vale destacar que o sertão Alagoano, ainda que apresente agrupamentos espaciais de Baixo-Baixo para tais fatores, não deixam de indicar que essa região apresente índices significativos para acidentes de trânsito.

4.8.6. BoxMap de Significância e LisaMap para associações bivariadas

Para o BoxMap de significância de associação entre o valor mais significativo da fase do dia, plena noite, com as causas de acidentes mais relevantes para esse fator. Os mapas revelaram um comportamento significativo da noite com $p\text{-value} < 0,001$ para as cidades de Pilar (ultrapassagem perigosa, velocidade incompatível, desobediência às normas e falta de atenção

e guardar distância de segurança), Murici (ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas, e falta de atenção e guardar distância de segurança), Rio Largo (ultrapassagem perigosa e falta de atenção e guardar distância de segurança) e Marechal Deodoro (velocidade incompatível e desobediência às normas). Quanto ao Agreste e Sertão, apenas a cidade de Santana do Ipanema, apresentou índice significativo para uma das causas (ultrapassagem perigosa).

As zonas de clusters criadas pelo LisaMap, assim como as anteriores, destacaram a região nordeste com índice de alta quantidade de acidentes noturnos e alta quantidade de acidentes associados às causas (Alto-Alto), compostas praticamente pelas as mesmas cidades, sofrendo pequenas alterações de acordo com a relação estabelecida. Nessa associação, ainda observou-se uma maior incidências nas cidades de Porto Real do Colégio, Marechal Deodoro e Jequiá da Praia que apresentaram uma baixa quantidade de acidentes no período noturno, porém com alta quantidade de acidentes associados às causas (Baixo-Alto).

Isto é, a relação encontrada entre o BoxMap de significância e o LisaMap nem sempre é direta. Mesmo que a significância encontrada seja a maior possível ($p\text{-value} < 0,001$), não indica que necessariamente o local apresentará um índice Alto-Alto no diagrama de Moran.

Apenas duas cidades apresentaram índices ligados a Alto-Baixo, ou seja, alta quantidade de acidentes no período noturno com baixa quantidade de acidentes associados às causas. Para as zonas de Baixo-Baixo, os agrupamentos formados para baixa quantidade de acidentes relacionadas com a baixa causa, mostraram-se similares quando analisados para as outras associações. Fator esse, que comprova que na região centro-oeste do estado não existe vizinhos com valores suficientes para serem analisados e compactados em grupos de Alta-Alta, Alta-Baixa, Baixa-Alta.

A associação entre os valores mais significativo da gravidade do acidente, feridos graves, com as causas mais relevantes, o BoxMap de significância identificou além da região nordeste, uma significância ainda que não seja para todos os fatores, na região norte de Alagoas. Cidades como Canapi, Delmiro Gouveia, Santana do Ipanema, Inhapi, Cacimbinhas e Palmeira dos Índios revelaram um $p\text{-value} < 0,001$ para diferentes feridos graves por causas como a pista escorregadia, desobediência de normas de trânsito e ultrapassagem perigosa. O mesmo grupo já discutido em outras associações, formados principalmente por Pilar, Murici e Rio Largo, fazem parte desse índices, mas por outras causas.

Para o Lisa Map, os índices de Alto-Alto concentrados na região nordeste prevaleceram para as cidades com alta quantidade de acidentes graves relacionados as causas expostas. Porém, para a alta quantidade de acidentes graves e baixa quantidade de acidentes associados às causas (Alto-Baixo), houve um aumento de clusters, indicando que a gravidade pode ser tratada como um fator de risco, mas as causas associadas na região norte do estado não.

Já os índices de Baixo-Alto apresentado pelas as cidades circunvizinhas na região nordeste representam a baixa quantidade de acidentes com feridos graves, mas uma possível alta relação com às causas associadas. E para as zonas de Baixo-Baixo, ainda que visível apenas em três causas, destaca a região centro-oeste do estado.

4.8.7. Limitações

Existem algumas limitações nesse trabalho, a primeira delas é que o modelo utilizado para a associação das variáveis não levou em consideração fatores como gênero, veículos, quilômetros, unidades de atendimento e pessoa envolvida no acidente, tornando assim, os resultados menos precisos quando avaliados separadamente. E segundo, por se tratar de um estudo que utiliza dados secundários, a possibilidade de erros nas informações coletadas tanto pelo o autor, como por terceiros são existentes. Além disso, quando estudadas as variáveis individualmente, os seus locais críticos podem apresentar resultados diferentes.

5. Considerações finais

Dessa forma, este trabalho analisou espacialmente os acidentes de trânsito nas rodovias federais do estado de Alagoas através de georreferenciamento de pontos e autocorrelação espacial para a identificação de regiões e locais mais críticos.

A partir do georreferenciamento de pontos, a concentração dos acidentes de trânsito são nas rodovias BR-101, BR-104 e BR-316. A região nordeste de Alagoas demonstrou que fatores como total de acidentes, falta de atenção e não guardar distância de segurança, ingestão de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas, ultrapassagem perigosa, desobediência às normas de trânsito e pista escorregadia contribuem para uma maior quantidade de acidentes de trânsito na região, e conseqüentemente, no Estado. Quando associados, as relações mais significativas indicaram ultrapassagem perigosa durante a plena noite e com feridos graves como um dos principais fatores causadores de problemas no tráfego da região.

Já as cidades que apresentaram maiores índices de significância durante as análises foram Pilar e Rio Largo, colocando elas, como possíveis locais críticos da região. Porém, destaca-se que quando visualizados individualmente os fatores, cada cidade possui suas particularidades.

Logo, a periculosidade enfrentada pelos motoristas na região nordeste de Alagoas é real, pois além da influência de fatores relacionados a fase do dia, causa do acidente e gravidade, possui como rodovias na sua malha viária a BR-101, BR-104 e BR-316 e as cidades destacadas como locais críticos, Pilar e Rio Largo.

A utilização de novos métodos de planejamento e busca por soluções para atingir uma redução dessas taxas associadas a acidentes de trânsito torna-se essencial para os órgãos sociais do Estado. A criação de políticas rigorosas que incentivem o motorista a realizar os procedimentos básicos de segurança, obedecer às normas de fiscalização e testes de avaliação de comportamento no trânsito garantem uma melhoria em fatores como falta de atenção e guardar segurança de distância, ultrapassagem perigosa e desrespeito às sinalizações.

Programas que visem reair o uso de bebidas alcoólicas e substâncias psicoativas em conjunto com novas leis, podem repercutir na conscientização da população e, assim, diminuir estatísticas voltadas para acidentes de trânsito. Outro fator de cooperação, trata-se da manutenção das vias, pois, quando em boas condições, acidentes relacionados aos fatores viários e ambientais tornam-se mais difíceis de acontecer.

Portanto, o conhecimento de regiões e locais críticos, levam os motoristas a agirem com mais prudência e responsabilidade e as autoridades fiscalizarem fortemente a zona analisada, desencadeando uma harmonia que gere segurança no trânsito, redução nas vítimas e bem-estar social.

5.1. Sugestões para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, sugere-se a identificação de áreas mais restritas na malha viária do Estado, como estudos associados somente a uma rodovia federal ou até mesmo em um local crítico, com o intuito de otimizar os resultados e realizar um maior número de autocorrelações com outros fatores. Outra sugestão seria a análise espacial das rodovias estaduais de Alagoas, ou até mesmo, uma análise de pôr período anual, com o intuito de visualizar as tendências dos acidentes.

REFERÊNCIAS

ABREU, Débora Regina de Oliveira Moura; SOUZA, Eniuce Menezes de; MATHIAS, Thais Aidar de Freitas. **Impacto do Código de Trânsito Brasileiro e da Lei Seca na mortalidade por acidentes de trânsito.** *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 34, n. 8, e00122117, 2018.

ALMEIDA, Lívia Victório de Carvalho; PIGNATTI, Marta Gislene; ESPINOSA, Mariano Martinez. **Principais fatores associados à ocorrência de acidentes de trânsito na BR 163, Mato Grosso, Brasil, 2004.** *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 303-312, Feb. 2009.

ALMEIDA, Rosa Livia Freitas de et al. **Via, homem e veículo: fatores de risco associados a gravidade dos acidentes de trânsito.** *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v. 47, n. 4, p. 718-731, 2013.

ALVES, C.A.; GOMES, J.O. **Contribuições da psicologia do trânsito: considerações sobre educação para o trânsito e formação profissional.** *Rev. Científica da FAMINAS*. 10(3): 61-74, 2014.

ANDERSSON, Anna K.; CHAPMAN, Lee. **The impact of climate change on winter road maintenance and traffic accidents in West Midlands, UK.** *Accidente Analysis & Prevention*, v. 43, Issue 1, Pages 284-289, Janeiro 2011.

ANDRADE, Selma Maffei de et al. **Comportamentos de risco para acidentes de trânsito: um inquérito entre estudantes de medicina na região sul do Brasil.** *Rev. Assoc. Med. Bras.*, São Paulo, v. 49, n. 4, p. 439-444, 2003.

ANSELIN, L. **Spatial data Analysis with Gis: An Introduction to application in the Social Sciences.** National Center for Geographic Information and Analysis, University of California. California, EUA. 1992.

ANSELIN, L.; COHEN, J.; COOK, D.; GORR, W.; TITA, G. **Spatial Analyses of Crime.** Mensuramento and Analyses of Crime and Justice. University of Illinois, EUA. Criminal Justice, 2000.

B. BALBINOTA, Amanda; A. ZAROB, Milton; I. TIMM, Maria. **Funções psicológicas e cognitivas presentes no ato de dirigir e sua importância para os motoristas no trânsito.** *Ciênc. cogn.*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 13-29, ago. 2011.

BERGAMASCHI, R. B. **SIG Aplicado a segurança no trânsito: estudo de caso no município de Vitória, ES** 74 f. Monografia (Graduação em Geografia) - Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.

BOTTESINI, G.; NODARI, C. T.. **Influência de medidas de segurança no trânsito no comportamento dos motoristas**. *Revista Transportes*, v. 19, n. 1; 2011.

BOTTESINI, Giovani. **Influência de medidas de segurança de trânsito no comportamento dos motoristas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Sistemas de Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BRANDÃO, L. M. **Discussão sobre métodos para identificação de locais críticos em acidentes de trânsito no Brasil**. Trabalho apresentado na disciplina de Infraestrutura viária IC 201 A. Campinas, SP. 2007.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Geral. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Custos de acidentes de trânsito nas rodovias federais: sumário executivo**. Rio de Janeiro, 2004. 33p. (IPR. Publ. 733).

BRASIL, Ministérios dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Secretaria de Política e Integração. **Avaliação das Políticas Públicas de Transportes: Segurança nas Rodovias Federais**. 2017.

BRASIL. Ministério Público do Distrito Federal e Territórios. Assessoria de Políticas Insitucionais. **Segurança no Trânsito**. Brasília: MPDFT, 2014.

CABRAL, Claudio Freaza. **Análise de correlação entre acidentes de trânsito, de trajeto e variáveis socioeconômicas no Brasil**. 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S.; CRUZ, O.G.; CORREIA, V. Análise espacial de áreas. In: DRUCK, S; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V, editores. **Análise espacial de dados geográficos** [monografia on-line]. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; 2002. p. 1-32.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Divisão de Processamento de Imagens, São José dos Campos, São Paulo, 1996

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 2011.

CAMPOS, A.C.P.; VIOLA, D.N.; CUNHA FILHO, M.; VILAR, G.; VAN DER LINDEN, V.; **Identificação da existência de padrão espacial Aleatório na distribuição dos pacientes portadores de Deficiência física decorrente de doença genética da AACD de Pernambuco**. *Revista Brasileira de Biomedicina*, v.31, n.4, p.598-616, 2013.

CAMPOS, Valdir Ribeiro; SALGADO, Rogério de Souza; ROCHA, Mariela Campos. **Bafômetro positivo: correlatos do comportamento de beber e dirigir na cidade de Belo**

Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 51-61, Jan. 2013 .

CARDOSO, Gilmar. **Utilização de um Sistema de Informação Geográfica visando o Gerenciamento da Segurança Viária no Município de São Jose - SC.** 1999. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CHAGAS, Denise Martins. **Estudos Sobre Fatores Contribuintes de acidentes de trânsito urbano.** Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Rio Grande do Sul, 2011

CHIU, Po-Wei; LIN, Chih-Hao; WU, Chen-Long; FANG, Pin-Hui; LU, Chien-Hsin; HSU, Hsiang-Chin; CHI, Chih-Hsien. **Ambulance traffic acidentes in Taiwan.** *Journal of the Formosan Medical Association*, v.117, Issue 4, p. 283-291, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Acidentes rodoviários e infraestrutura.** Brasília: CNT, 2018.

DAMACENA, Giseli Nogueira et al.. **Consumo abusivo de álcool e envolvimento em acidentes de trânsito na população brasileira, 2013.** *Ciênc. saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 12, p. 3777-3786, Dec. 2016 .

DETRAN-AL – DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DE ALAGOAS. **Anuário de Indicadores do Detran-AL 2011/2012.** Alagoas, 2013.

DETRAN-AL – DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DE ALAGOAS. **Dados Gerais de veículos, lei seca e infrações de trânsito até o final de 2017.** Alagoas, 2017.

DINIZ, Eugênio Paceli Hatem; ASSUNCAO, Ada Ávila; LIMA, Francisco de Paula Antunes. **Por que os motociclistas profissionais se acidentam? Riscos de acidentes e estratégias de prevenção.** *Rev. bras. saúde ocup.*, São Paulo, v. 30, n. 111, p. 41-50, June 2005.

EISENBERG, Daniel. **The mixed effects of precipitation on traffic crashes.** *Accident Analysis & Prevention*, v.36, Issue 4, Pages 637-647, Julho 2004.

EVANS, L. (2004) **Traffic safety** (2ª. ed.). Science Serving Society, Bloomfield Hills, EUA.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6. ed., São Paulo: Atlas, 2008.

GOLD, P.A. **Segurança de trânsito: Aplicações da Engenharia para Reduzir Acidentes.** Washington: Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 1998.

GOMES, R.J. **Análise espacial dos acidentes de trânsito do município de Vitória utilizando sistema de informações geográficas.** 2008. 114f. Dissertação (Pós- graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2008

HOFFMAN, M.H. (2005). **Comportamento do condutor e fenômenos psicológicos.** *Psicologia: Pesquisa & Trânsito*, v. 1, n. 1, p. 17–24.

HONORATO, C. M. **O trânsito em condições seguras.** Campinas: Millennium Editora, 2009.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Relatório de Pesquisa: Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras.** Brasília: IPEA, 2015.

JAROSZWESKI, David; MCNAMARA, Tom. **The Influence of rainfall on road accidents in urban areas: A weather radar approach.** *Travel Behaviour and Society*, v.1, Issue 1, Pages 15-21, Janeiro 2014.

KOBAYASHI, C.R.; CARVALHO, M. S. **Violência urbana: acidentes de trânsito envolvendo motociclistas na cidade de Londrina (PR).** *Revista Geografia*. 2011;20:171-90.

KREMPI, A.P. (2004). **Explorando Recursos de Estatística Espacial para Análise da Acessibilidade da Cidade de Bauru.** Dissertação de Mestrado em Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos. Programa de Pós Graduação em Transportes - Universidade de São Paulo.

KUCEK JUNIOR, João Alberto. **Análise dos acidentes de trânsito ocorridos em uma grande empresa do sul do Brasil.** 2014. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LACERDA, Cléber Jean. **Análise de Dados Georreferenciados para obter a distribuição estatística espacial das vítimas fatais em acidentes de trânsito em Goiânia.** 2014. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, GOIÂNIA, 2014.

LEVINE, N; KIM, K. E. **The Location of Motor Vehicles Crash in Honolulu: a Methodology for Geocoding Intersections.** *Comput. Environment And Urban Systems*, v.22, n.6, p.557-576. 1996.

LIMA, M.L.C.; XIMENES, R.A.A.; SOUZA, E.R.; LUNA, C.F.; ALBUQUERQUE, M.F.P.M. . **Análise espacial dos determinantes socioeconômicos dos homicídios no Estado de Pernambuco.** *Rev. Saúde Pública* [online]. 2005, vol.39, n.2, pp.176-182. ISSN 0034-8910. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102005000200006>.

LOPES, Simone Becker. **Efeitos da dependência espacial em modelos de previsão de demanda por transporte.** 2005. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2005.

MANNER, Hans; WUNSCH-ZIEGLER, Laura. **Analyzing the severity of accidents on the German Autobahn.** *Accident Analysis & Prevention*, v.57, p. 40-48, 2013.

MANZATO, Gustavo Garcia. **Regiões urbanas homogêneas e oferta de transportes**. 2007. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Doi:10.11606/D.18.2007.tde-09042007-105552.

MARIN, Leticia; QUEIROZ, Marcos S. **A atualidade dos acidentes de trânsito na era da velocidade: uma visão geral**. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 7-21, Jan. 2000

MATSUMOTO, P. S. S.; FLORES, E. F. **Estatística espacial na geografia: um estudo dos acidentes de trânsito em Presidente Prudente – SP**. *Revista GeoAtos*, n.12, v.1, 2012, p.95-113.

MENDONÇA, Marcela Franklin Salvador de; SILVA, Amanda Priscila de Santana Cabral and CASTRO, Claudia Cristina Lima de. **Análise espacial dos acidentes de trânsito urbano atendidos pelo Serviço de Atendimento Móvel de Urgência: um recorte no espaço e no tempo**. *Rev. bras. epidemiol.* [online]. 2017, vol.20, n.4, pp.727-741. ISSN 1415-790X. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5497201700040014>.

MESQUITA FILHO, Marcos. **Acidentes de trânsito: as consequências visíveis e invisíveis à saúde da população**. *Revista Espaço Acadêmico*, v.11, n.128, Janeiro de 2012.

MORAIS NETO, Otaliba Libânio de *et al.*. **Mortalidade por acidentes de transporte terrestre no Brasil na última década: tendência e aglomerados de risco**. *Ciênc. saúde coletiva* [online]. 2012, vol.17, n.9, pp.2223-2236. ISSN 1413-8123. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232012000900002>.

NERY, M. B.; MONTEIRO, A. M. V. **Análise intra-urbana dos homicídios dolosos no Município de São Paulo**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, XV. *Anais... Caxambu*, Abep, 2006.

NEVES NETO, Durval N. et al. **Análise espacial de atributos do solo e cobertura vegetal em diferentes condições de pastagem**. *Rev. bras. eng. agric. ambient.* [online]. 2013, vol.17, n.9, pp.995-1004. ISSN 1415-4366. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000900013>.

OLIVEIRA, N. L. B.; SOUSA, R. M. C. **Motociclistas frente às demais vítimas de acidentes de trânsito no município de Maringá**. *Acta Sci Health Sci*, Maringá, v.26, n. 2, p. 303-310, 2004.

OÑA, Juan de; MUJALLI, Oqab; CALVO, Francisco J. **Analysis of traffic accident injury severity on Spanish rural highways using Bayesian networks**. *Accident Analysis & Prevention*, v. 43, Issue 1, pages 402-411, 2011.

QUEIROZ, Marcelo Pereira. **Análise Espacial dos Acidentes de Trânsito do Município de Fortaleza**. 2003. Dissertação (Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

QUEIROZ, Marcos S.; OLIVEIRA, Patricia C. P. **Acidentes de trânsito: uma análise a partir da perspectiva das vítimas em Campinas.** *Psicol. Soc.*, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 101-123, Dec. 2003.

RAMOS, Cristiane da Silva. **Caracterização do acidente de trânsito e gravidade do trauma: um estudo em vítimas de um Hospital de Urgência em Natal/RN.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Sociais da Saúde, Natal, 2008.

ROCHA, Greiciane da Silva. **Caracterização Dos Acidentes De Trânsito E Vítimas No Município De Rio Branco - Acre.** 2010. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

RUEDA, Fabián Javier Marín; GURGEL, Marina Gasparoto do Amaral. **Evidências de validade relativas ao contexto do trânsito para o Teste de Atenção Concentrada - TEACOFF.** *Psic*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 165-172, dez. 2008.

SAADAT, Soheil; RAHMANI, Khaled; MORADI, Ali; DIN ZAINI, Salah ad; DARABI, Fatemeh. **Spatial analysis of driving accidentes leading to deaths related to motorcyclists in Tehran.** *Chinese Journal of Traumatology*, v.22, Issue 3, p. 148-154, 2019.

SALLUM, A.M.C.; POIZUMI, M.S. **Natureza e gravidade das lesões em vítimas de acidente de trânsito de veículo a motor.** *Rev.Esc.Enf. USP.* v.33, n.2, p. 157-64, 1999.

SALVADOR, Daniel Meira. **Análise dos tipos de acidentes de trânsito em rodovias: Estudo de caso na rodovia BR-101 em Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2009.

SAM, Enoch F.; DANIELS, Stijn; BRIJS, Kris; BRIJS, Tom; WETS, Geert. **Modelling public bus/minibus transport accidente severity in Ghana.** *Accident Analysis & Prevention*, v.119, p. 114-121, 2018.

SANTIAGO, Carolina; SILVA, Ben-Hur. **Estudo e reflexão sobre o uso de GPS para a determinação de pontos críticos em rodovias.** XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão & III INOVARSE 2016, ISSN: 1984-9354, Rio de Janeiro, 2016.

SANTOS, L; RAIÁ JUNIOR, A. A. **Distribuição Espacial dos Acidentes de Trânsito em São Carlos (SP): Identificação de Tendências de Deslocamento Através da Técnica de Elipse de Desvio Padrão.** *Revista Caminhos de Geografia*, v.7(18), p. 134-145. 2006a

SANTOS, Luciano dos. **Análise dos acidentes de trânsito do Município de São Carlos utilizando o Sistema de Informação Geográfica - SIG e ferramentas de estatística espacial.** 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

SATRIA, Romi; CASTRO, María. **GIS Tools for Analyzing Accidents and Road Design: A Review**. *Transportation research procedia*, v.18, p.242-247, 2016.

SCHWARZ, F. S. **Análise espacial de acidentes de trânsito: discussão sobre a segurança viária em Porto Alegre (RS)**. Trabalho de Conclusão de curso [Bacharelado em Geografia] Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2014.

SILVA, Daniela Wosiack da et al. **Condições de trabalho e riscos no trânsito urbano na ótica de trabalhadores motociclistas**. *Physis*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 339-360, 2008.

SOARES, Andréa Júlia. **Análise de autocorrelação em redes aplicada ao caso de acidentes urbanos de trânsito**. 2007. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SOARES, Doratéia Fátima Pelissari de Paula; BARROS, Marilisa Berti Azevedo. **Gravidade dos acidentes de trânsito ocorridos em Maringá, PR**. *Ciência, Cuidado e Saúde*, Maringá, v. 5, Supl., p. 77-84, 2006.

SOUZA, Vanessa dos Reis de et al. **Análise espacial dos acidentes de trânsito com vítimas fatais: comparação entre o local de residência e de ocorrência do acidente no Rio de Janeiro**. *Rev. bras. estud. popul.*, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 353-364, 2008 .

SOUZA, Bianca de Fátima; SILVA, José de Paula. **Análise Espacial dos acidentes de trânsito em Passos (MG)**. *Ciência et Praxis*, v.10, n.19, 2017.

TEIXEIRA, G. L. **Uso de Dados Censitários para Identificação de Zonas Homogêneas para Planejamento de Transportes Utilizando Estatística Espacial**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2003.

TEIXEIRA, João Francisco Othon.. **Mapeamento e Análise dos Acidentes de Trânsito na Cidade de Catanduva, SP com Auxílio de Sistema de informações geográficas - SIG**. 2012. 93. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 2012.

ZANETTE, S.V.; SILVESTRE, M.G.; BOAS, M.A.V.; UIRBE-OPAZO, M.A.; QUEIROZ, M.M.F. **Análise espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n. 3, p. 239-247, 2007.

ZHANG, Guangnan; YAU, Kelvin K.W.; CHEN, Guanghan. **Risk factors associated with traffic violations and accident severity in China**. *Accident Analysis & Prevention*, v.59, p. 18-25, 2013.