

ARTIGO ORIGINAL

ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DOS ACIDENTES AUTOMOBILÍSTICOS COMO PARÂMETRO PARA AS AÇÕES DE GESTÃO DO RISCO DE DESASTRES E GESTÃO DE DESASTRES DO CBMMG



André Luiz Ávila de Oliveira

<https://lattes.cnpq.br/7251730998802027> – <https://orcid.org/0009-0005-1993-7164>

andre.avila@bombeiros.mg.gov.br

Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

Jaqueline dos Santos

<https://lattes.cnpq.br/7566483393243368> – <https://orcid.org/0009-0009-1713-4180>

jaquelinesantos.eng@gmail.com

Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar a aplicabilidade dos dados estatísticos do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) sobre acidentes de trânsito, utilizando técnicas de mapas de calor para apoiar ações preventivas e melhorias na infraestrutura viária. A metodologia proposta destacou a importância da análise geoestatística na identificação de áreas de alta incidência de acidentes, contribuindo para a gestão de riscos de desastres (GRD), gestão de desastres (GD) e a segurança viária. Por meio do software QGIS, foram gerados mapas de calor que permitiram visualizar as áreas de maior risco, possibilitando uma abordagem direcionada para a prevenção de acidentes e a otimização das ações de resposta do CBMMG. A pesquisa revelou padrões espaciais e temporais nos acidentes de trânsito, identificando regiões críticas dentro do município de Uberlândia, Minas Gerais, que exigem atenção para a implementação de políticas públicas eficazes. O estudo sugere que a análise detalhada da base de dados e a aplicação de tecnologias geoespaciais são relevantes para aprimorar as estratégias de GRD e GD, enfatizando a necessidade de medidas como a melhoria da infraestrutura viária, a implementação de campanhas educativas e o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a segurança no trânsito.

Palavras-chave: acidentes de trânsito; análise geoestatística; gestão de risco de desastres; mapas de calor; segurança viária.



ARTIGO ORIGINAL

GEOSTATISTICAL ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS AS A PARAMETER FOR DISASTER RISK MANAGEMENT AND DISASTER RESPONSE ACTIONS BY MINAS GERAIS FIRE DEPARTMENT

ABSTRACT

This study aimed to analyze the applicability of statistical data from the Minas Gerais Fire Department (CBMMG) on traffic accidents, using heat map techniques to support preventive actions and improvements in road infrastructure. The proposed methodology highlighted the importance of geostatistical analysis in identifying areas of high accident incidence, contributing to disaster risk management (DRM), disaster management (DM) and road safety. Through the QGIS software, heat maps were generated that allowed for the visualization of the highest risk areas, enabling a more targeted approach to accident prevention and optimization of CBMMG's response. The research revealed spatial and temporal patterns in traffic accidents, identifying critical regions within the municipality of Uberlândia, Minas Gerais, that demand attention for the implementation of effective public policies. The study suggests that detailed analysis of the database and the application of geospatial technologies are relevant to enhance DRM strategies, emphasizing the need for measures such as improving road infrastructure, implementing educational campaigns, and developing public policies aimed at traffic safety.

Keywords: traffic accidents; geostatistical analysis; disaster risk management; heat maps; road safety.

Recebido em: 08/05/2024.

Aprovado em: 13/05/2025.

Publicado em: 29/05/2025.



1 INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), órgão da administração pública direta, tem por missão constitucional a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio (Brasil, 1988). Além disso, de acordo com a Constituição do Estado de Minas Gerais, art. 142, inciso II, compete ao CBMMG:

(...) a coordenação e a execução de ações de defesa civil, a prevenção e combate a incêndio, perícias de incêndio, busca e salvamento e estabelecimento de normas relativas à segurança das pessoas e de seus bens contra incêndio ou qualquer tipo de catástrofe (Minas Gerais, 1989, art. 142).

Para desempenhar com sucesso sua missão institucional, o CBMMG segue diretrizes estabelecidas pelo estado e orientações provenientes do comando da corporação, que estabelece os objetivos e os rumos da instituição, através do planejamento estratégico, tático e operacional (Minas Gerais, 2017), materializado no Plano de Comado 2015 – 2026. Destaca-se também que, para o cumprimento das metas pactuadas, diversas atividades são desenvolvidas pelo CBMMG, entre elas, atividades operacionais típicas de bombeiros elencadas pela Diretriz Integrada de Ações e Operações (DIAO) do Sistema de Defesa Social.

Entre as ocorrências atendidas pela instituição, aquelas relacionadas a acidentes de trânsito apresentam um grande impacto econômico, social e psicológico. De acordo com a Organização Panamericana de Saúde (OPAS, 2021), os acidentes de trânsito representam uma preocupação global, causando aproximadamente 1,3 milhão de mortes evitáveis e afetando cerca de 50 milhões de pessoas com ferimentos a cada ano. Em escala mundial, os acidentes de trânsito emergem como a principal causa de óbitos entre crianças e jovens. Nas atuais circunstâncias, estima-se que, na próxima década, cerca de 500 milhões de pessoas serão feridas e mais de 13 milhões morrerão em decorrência de acidentes de trânsito.

Frente ao panorama observado, a Organização Mundial da Saúde (OMS), juntamente com a Organização das Nações Unidas (ONU), apresentou a Iniciativa Global para a Segunda Década de Ação pela Segurança no Trânsito, um programa

abrangente a ser implementado entre 2021 e 2030 (WHO, 2021). A principal meta dessa iniciativa é uma redução representativa de 50% nas ocorrências fatais dos acidentes de trânsito durante o período especificado, isto é, até 2030.

Em conformidade com a legislação nacional, a Meta 5 do Plano Nacional de Segurança Pública e Defesa Social (2021-2030) (Brasil, 2021b) estabelece a redução da taxa nacional de mortes no trânsito. O objetivo é atingir uma taxa inferior a 9 mortes por 100 mil habitantes até 2023. Essa meta foi formulada com base na análise do Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (Pnatrans), instituído pela Lei n.º 13.614, de 2018.

O Pnatrans destina-se a direcionar as políticas de gestão de trânsito em todo o território brasileiro com vistas à diminuição de ocorrências fatais e lesões decorrentes de acidentes viários. Essa iniciativa se insere no contexto da Nova Década de Segurança no Trânsito promulgada pela ONU, projetando a redução significativa de até 86 mil fatalidades até 2028. O plano nacional é estruturado sobre seis eixos fundamentais de intervenção, áreas de atuação consideradas importantes para o efetivo alcance dos objetivos desejados, são elas: gestão de segurança no trânsito, vias seguras, segurança veicular, educação para o trânsito, atendimento e ações de normatização e fiscalização (Brasil, 2021a).

No Brasil, de acordo com Carvalho (2020), os acidentes de trânsito causam cerca de 45 mil mortes e deixam mais de 300 mil pessoas gravemente feridas anualmente. Esses acidentes em áreas urbanas geram um custo estimado de aproximadamente R\$10 bilhões por ano. Segundo a Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (Minas Gerais, 2023c), no período de 2013 a 2022, ocorreram no estado aproximadamente 37 mil óbitos e mais de 235 mil hospitalizações devido a acidentes de trânsito.

Diante do exposto, é perceptível que os sinistros de trânsito são de grande relevância e causam impactos significativos no sistema de saúde pública. Isso demonstra a necessidade de serem implementadas políticas públicas relacionadas à educação e à segurança no trânsito, a fim de promover uma redução no número de acidentes e, consequentemente, queda no número de mortos e feridos.

Nesse sentido, a 5ª Edição do Plano de Comando do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (Minas Gerais, 2023b) apresenta como principal atividade do

diagnóstico interno institucional o atendimento a ocorrências, seja na prevenção de acidentes ou na fase de resposta. Tal atendimento vincula-se ao Objetivo Estratégico 01 - “Buscar a excelência no atendimento” e ao Objetivo estratégico 02 – “Estimular ações preventivas e proporcionar respostas eficientes aos desastres com tempo resposta”, que traçam os caminhos a serem seguidos pela corporação. Observa-se também no Plano de Comando, o macroprocesso finalístico visando às ações de gestão de risco de desastre (GRD) e gestão de desastre (GD).

De acordo com os dados fornecidos pela base de informações do CBMMG (Minas Gerais, 2024), conforme registrado no painel "Bombeiros em Números", no período compreendido entre 2015 e dezembro de 2023, a instituição atendeu aproximadamente 250 mil ocorrências relacionadas a acidentes de trânsito terrestres.

Essas informações foram categorizadas com base na DIAO, que estabelece a padronização e a integração das ações operacionais entre as polícias Militar, Civil, Penal, o Corpo de Bombeiros Militar e o Sistema Socioeducativo de Minas Gerais. Assim, foram selecionadas as naturezas da subcategoria V02, que se referem a atendimento pré-hospitalar (APH) para traumas em acidentes de trânsito, e subcategoria S05, que diz respeito a salvamento terrestre em acidentes de trânsito com vítimas (Minas Gerais, 2008). A unidade operacional com maior registro, no período de 2015 a 2023, é o 5º Batalhão de Bombeiro Militar (5º BBM) localizado em Uberlândia, com aproximadamente 43 mil registros.

Em relação à gravidade das lesões sofridas pelas vítimas, pela análise dos registros é possível observar que cerca de 200 mil delas apresentaram lesões leves, ou seja 74%; aproximadamente 32 mil (11,9%), lesões graves ou inconsciência; 29 mil (10,8%) não apresentaram lesões visíveis; enquanto aproximadamente 9 mil (3,3%) acabaram perdendo a vida.

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 estabelece, em seu art. 144 parágrafo 4º, que a responsabilidade pelas atividades de proteção e defesa civil recai sobre os corpos de bombeiros militares (Brasil, 1988). Além disso, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) instituída pela Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, e alterada pela Lei nº 14.750, de 12 de dezembro de 2023, estabelece no art. 1º, inciso X, o conceito de defesa civil como:

(...) conjunto de ações de prevenção, de preparação, de resposta e de recuperação destinado a evitar ou a reduzir os **riscos de acidentes** ou desastres, a minimizar seus impactos socioeconômicos e ambientais e a restabelecer a normalidade social, incluída a geração de conhecimentos sobre acidentes ou desastres (Brasil, 2023, art. 1º, grifo nosso).

E o inciso I conceitua acidente como “evento definido ou sequência de eventos fortuitos e não planejados que dão origem a uma consequência específica e indesejada de danos humanos, materiais ou ambientais” (Brasil, 2023).

Diversas são as classificações de desastres e dentro dessas classificações estão os acidentes de trânsito. De Castro (1998), por exemplo, sugere no Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres, 5ª edição, que os desastres podem ser classificados como:

Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Os desastres são quantificados, em função dos danos e prejuízos, em termos de intensidade, enquanto que os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado. Normalmente o fator preponderante para a intensificação de um desastre é o grau de vulnerabilidade do sistema receptor. (...) “Desastres por Somação de Efeitos Parciais. Esses desastres caracterizam-se pela somação de numerosos acidentes (ou ocorrências) semelhantes, cujos danos, quando somados ao término de um determinado período, definem um desastre muito importante. No Brasil, os estudos epidemiológicos demonstram que os desastres por somação de efeitos parciais são os que provocam os maiores danos anuais. Dentre os desastres por somação de efeitos parciais, destacam-se: **os acidentes de trânsito**; os acidentes de trabalho; os acidentes com crianças no ambiente domiciliar e peridomiciliar (...) (De Castro, 1998, p. 52, grifo nosso).

A PNPDEC tem como objetivo garantir a segurança e a qualidade de vida da população. Além disso, busca fomentar o progresso sustentável da nação. A política está alinhada ao Marco de Ação de Hyogo (EIRD, 2005) e ao Marco de Sendai (ONU, 2015), que engloba as medidas de prevenção, preparação, resposta e recuperação em coordenação com outras políticas governamentais. A PNPDEC enfatiza a necessidade de uma abordagem sistêmica, que exige a colaboração e coordenação entre todos os atores responsáveis, visando uma gestão eficaz dos riscos de desastres.

Diante do alto número de acidentes de trânsito que ocorrem no estado de Minas Gerais, os quais geram significativos impactos econômicos, sociais e de saúde pública, buscou-se investigar o papel do CBMMG na prevenção a acidentes de trânsito e promoção da segurança viária. Portanto, tem-se como situação problema: como o CBMMG pode utilizar dados estatísticos e mapas de calor para embasar estratégias de aprimoramento da infraestrutura viária e outras medidas de GRD e GD com vistas à redução de acidentes de trânsito em Minas Gerais?

As hipóteses testadas foram:

a) O uso de mapas de calor baseados nos dados estatísticos do CBMMG pode identificar padrões de acidentes de trânsito, fornecendo informações valiosas sobre as áreas de maior risco e possibilitando intervenções preventivas eficazes.

b) A utilização de mapas de calor como ferramenta de visualização pode facilitar a compreensão e comunicação das áreas de maior risco para as autoridades, promovendo uma ação mais ágil na prevenção de acidentes de trânsito, com ênfase especial na identificação de áreas críticas durante meses do ano e dias da semana que apresentam uma concentração significativa de ocorrências.

c) A utilização de mapas de calor como ferramenta de auxílio à tomada de decisão para a distribuição de Unidades do CBMMG no perímetro urbano, com o objetivo de reduzir o tempo resposta de atendimento das ocorrências.

O objetivo geral da pesquisa foi avaliar a viabilidade e a eficácia do uso de dados estatísticos do CBMMG, aliados à técnica de mapas de calor, como instrumento para subsidiar a implementação de ações preventivas e estratégias de gestão de riscos de desastres relacionados a acidentes de trânsito, visando aprimorar a segurança viária.

Os objetivos específicos foram:

a) Analisar a base de dados históricos do CBMMG referente a acidentes de trânsito, identificando padrões e tendências ao longo do período investigado (janeiro de 2021 a dezembro de 2023).

b) Desenvolver mapas de calor que representem visualmente a distribuição geográfica e temporal dos acidentes de trânsito atendidos pelo CBMMG.

c) Identificar áreas críticas e períodos de maior incidência de acidentes de trânsito por meio da análise dos mapas de calor, considerando, meses do ano e dias da semana.

d) Avaliar a viabilidade e aplicabilidade dos mapas de calor como ferramenta de comunicação e compreensão das áreas de risco, tanto para autoridades responsáveis quanto para o público em geral.

e) Propor recomendações e estratégias específicas baseadas nos resultados obtidos, visando subsidiar ações preventivas e de gestão de riscos de desastres relacionados a acidentes de trânsito em Minas Gerais.

A utilização desse conhecimento pelo CBMMG é justificada com o propósito de aprimorar a gestão de riscos de desastres associados a acidentes de trânsito, em consonância com as obrigações normativas estabelecidas nas seguintes diretrizes:

a) Imposição legal ao CBMMG da preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio.

b) Alinhamento com a 5ª Edição do Plano de Comando do CBMMG, que objetiva a busca pela excelência no atendimento, além de estimular ações preventivas.

c) Adoção de medidas necessárias para aderência à PNPDEC, que estabelece diretrizes e objetivos para a atuação em proteção e defesa civil com foco na redução de riscos de acidentes e desastres e estabelece aos estados, inclusive, a competência de identificar e mapear áreas de riscos.

d) Alinhamento com o Plano Global – Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2021 – 2030 (WHO, 2021), promovido pela ONU.

e) Alinhamento com o Pnatrans, Lei nº 13.614, de 11 de janeiro de 2018, que visa orientar gestores de trânsito do Brasil a implementarem ações com o objetivo de reduzir mortes e lesões no trânsito.

2 MÉTODO

Para atingir o objetivo geral deste trabalho, que consiste em avaliar a viabilidade e a eficácia do uso de dados estatísticos do CBMMG como instrumento para subsidiar a implementação de ações preventivas e estratégias de gestão de

riscos de desastres relacionados a acidentes de trânsito, foi desenvolvida uma pesquisa classificada como artigo científico empírico. O estudo se caracteriza como um artigo científico empírico por apresentar elementos como coleta e análise de dados referente aos acidentes de trânsito em determinado local de estudo.

O artigo científico empírico busca descrever e analisar os dados obtidos de uma investigação científica concreta, fornecendo conclusões fundamentadas nos resultados observados (Minas Gerais, 2023a). Ao longo do estudo, foi utilizado o software QGIS para criar mapas de calor a partir das coordenadas dos acidentes de trânsito avaliados no município escolhido, para evidenciar padrões de distribuição nos dados em análise.

2.1 Definição espacial da coleta de dados

Como forma de testar as hipóteses levantadas em uma parcela do território mineiro, a cidade de Uberlândia foi escolhida como lócus de estudo deste trabalho. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022a), Uberlândia é a segunda cidade mais populosa de Minas Gerais, abrigando a maior população do interior do estado, com aproximadamente 700 mil habitantes, ocupando a 28ª posição entre os municípios brasileiros em termos populacionais. Quanto à frota veicular, a cidade conta com mais de 500 mil veículos, classificando-se como a 21ª cidade com maior número de veículos no país (IBGE, 2022b).

Conforme informações da Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais (Minas Gerais, 2023c), observou-se que, no período de janeiro de 2010 até novembro de 2023, a cidade de Uberlândia registrou 1.840 óbitos decorrentes de acidentes de transporte terrestre (ATT). Esse número representa 3,29% do total de óbitos causados por ATT em todo o estado durante o mesmo período, representando dessa forma, a 2ª colocada no ranking entre os municípios do estado.

Além disso, Uberlândia dispõe do Serviço Integrado de Atendimento ao Trauma em Emergências (SIATE), o qual desempenha um papel significativo no aprimoramento da triagem das ocorrências atendidas pelo 5º Batalhão de Bombeiros Militar (5º BBM). De acordo com Da Fonseca (2019), o SIATE, além de ser gerido pelo CBMMG, o qual coordena suas atividades em Uberlândia, possui uma central que

opera em colaboração com a Secretaria Municipal de Saúde da cidade, desempenhando a regulação dos pacientes que necessitam de atendimento dos serviços de urgência e emergência.

Com a implantação do SIATE, não há atuação do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) no município de Uberlândia. Todos os acionamentos via tridígito 192 ou 193 são direcionados para o Centro de Operações de Bombeiros (COBOM) para que seja feita a triagem da chamada e o despacho de viaturas para o atendimento. A unificação do serviço de triagem possibilita uma regulação médica padronizada e melhora a produção de dados estatísticos sobre as ocorrências no território, o que contribui para a construção de bases de dados mais robustas e confiáveis. Esse modelo de atendimento é uma exceção à forma de atendimento das outras unidades do estado, em que a central do corpo de bombeiros é desvinculada do SAMU.

Tais características motivaram a escolha do município de Uberlândia como o local de estudo deste trabalho, pois além de ser um município com grande representatividade numérica em acidentes de trânsito, percebeu-se que, por meio do SIATE, os registros dos acidentes com vítima apresentariam menor subnotificação das ocorrências quando comparado com outros municípios em que mais de um serviço de urgência e emergência atua simultaneamente no território.

2.2 Metodologia de coleta de dados e instrumentos utilizados

Os dados utilizados neste estudo foram coletados mediante solicitação à seção de inteligência do Estado-Maior/Centro Integrado de Informações de Segurança Pública (EMBM-2/Cinsp). A natureza dos dados solicitados foi definida seguindo a classificação estabelecida na DIAO, utilizado no sistema de Registro de Evento de Defesa Social (REDS), previstos na Instrução Técnica Operacional 25, que dispõe sobre padronização do registro de eventos do CBMMG (Minas Gerais, 2020).

As categorias selecionadas corresponderam às ocorrências típicas do corpo de bombeiros, abrangendo o Grupo S 05, relacionado à busca e salvamento (salvamento terrestre em acidentes de trânsito com vítimas), e o Grupo V 02, relacionado a

atendimento pré-hospitalar (casos de trauma em acidentes de trânsito), do período de janeiro de 2021 a dezembro de 2023.

O conjunto de dados foi disponibilizado em uma planilha do Microsoft Excel e inclui informações relevantes como a data do evento, o código e descrição da natureza do atendimento, endereço completo (logradouro, número, bairro, município), bem como as coordenadas geográficas de latitude e longitude.

Inicialmente, foi fornecido um banco de dados bruto com 10.813 registros. O primeiro tratamento aplicado foi a exclusão de 459 registros que apresentavam células vazias de latitude e longitude ou que continham erros de localização, impossibilitando a plotagem dos pontos georreferenciados. Posteriormente, realizou-se uma análise dos registros duplicados através da formatação condicional – valores duplicados, identificando-se 412 ocorrências. Esses casos foram desconsiderados ao longo da análise.

Após as devidas correções nos dados, tornou-se possível a criação dos mapas de calor, os quais foram gerados a partir das 9.942 ocorrências atendidas pelo CBMMG no município de Uberlândia, no período definido.

Os dados coletados foram organizados em uma tabela e foi criado um arquivo no formato .csv (*Comma Separated Value*), o qual foi importado para um ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) utilizando o software QGIS, versão 3.28.11.

2.3 Análise espacial dos acidentes de trânsito

De acordo com Journel e Huijbregts (1978), a geoestatística surgiu para se concentrar no estudo estatístico de fenômenos naturais, os quais são caracterizados pela distribuição no espaço de uma ou mais variáveis, conhecidas como "variáveis regionalizadas". Dessa forma, a geoestatística, também conhecida como estatística espacial, é um ramo da estatística que se dedica ao estudo, à caracterização e à modelagem de variáveis aleatórias que apresentam estrutura espacial. Em outras palavras, ela possibilita a análise e a compreensão de como fenômenos e características se distribuem e se relacionam no espaço.

A análise espacial foi realizada utilizando um SIG, um conjunto de ferramentas computacionais, constituído por hardware e software, que utiliza técnicas para integrar

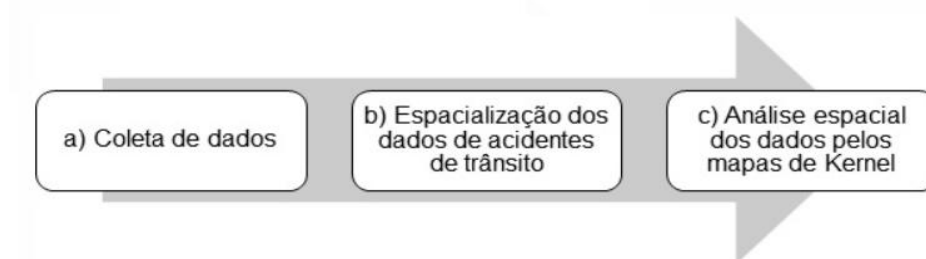
dados, pessoas e instituições. Isso possibilita coletar, armazenar, processar, analisar, modelar, simular e disponibilizar informações georreferenciadas. Essas ferramentas proporcionam maior facilidade, segurança e eficiência nas atividades humanas relacionadas ao monitoramento, planejamento e tomada de decisões no espaço geográfico (Rosa, 2011).

A análise espacial envolve também a interpretação de dados georreferenciados, abrangendo desde a coleta até a compreensão dos resultados, com exploração e modelagem. De acordo com Maguire *et al.* (2013), a análise espacial é o ponto principal dos SIG, pois abrange transformações, manipulações e métodos aplicados aos dados geográficos para agregar valor, fornecer suporte à tomada de decisões e revelar padrões e anomalias que não são evidentes à primeira vista.

Dessa forma, a informação obtida é processada por meio de softwares de análise espacial, variando em função do número e da complexidade das tarefas. Ou seja, dados brutos são transformados em informações úteis nas buscas pela descoberta científica ou tomadas de decisões mais eficientes.

Ao importar para o ambiente SIG o arquivo gerado com as ocorrências de acidentes de trânsito registradas pelo CBMMG em Uberlândia, nos anos de 2021, 2022 e 2023, foi possível fazer o mapeamento dessas ocorrências e posterior análise espacial. A elaboração e representação dos mapas temáticos utilizando o software QGIS seguiu os seguintes procedimentos:

Figura 1 – Etapas da pesquisa



Fonte: elaborada pelos autores (2024).

- a) Download da base cartográfica digital no formato shapefile (.shp), do IBGE, contendo os limites do município de 2022 e os logradouros de Uberlândia, MG,

de 2021.

- b) Espacialização pontual dos dados referentes aos acidentes de trânsito, a partir da tabela tratada em formato .csv.
- c) Alteração das coordenadas geográficas para SIRGAS 2000/Brazil Polyconic, EPSG: 5880.
- d) Realização do mapa de Kernel (calor), renderizado com banda simples falsa cor, com um gradiente de cores mais quentes em áreas com mais pontos (vermelho) e cores frias em áreas com menos pontos (azul claro) e tamanho do pixel x e y igual a 5.

O estimador de densidade de Kernel realiza a contagem de todos os eventos dentro de uma área de influência (Câmara *et al.*, 2004), representando deste modo as regiões que apresentam maior concentração de acidentes e proporcionando a identificação dos padrões de ocorrências do CBMMG dentro da área de estudo. Segundo Shinohara *et al.* (2015), a densidade de Kernel é calculada como mostra a Equação (1).

$$\lambda_t(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} I\left(\frac{(s - s_1)}{\tau}\right) \quad (1)$$

Em que:

$\lambda_t(s)$: Kernel na área inserida num raio de interesse τ em relação ao ponto s ;

I : função de distribuição de probabilidades, escolhida de forma adequada para construir uma superfície contínua sobre os dados;

τ : “largura da faixa” ou “raio de interesse”;

s : representa uma localização qualquer na área de estudo;

s_1 : localização dos eventos observados;

n : número de eventos.

Além da análise de todos os dados agrupados, foi realizada também uma análise da distribuição temporal dos registros ao longo do ano, considerando as ocorrências registradas a cada mês e a cada dia da semana, de forma a identificar padrões que se modificam ou se repetem em determinados períodos do ano, tornando possível medidas de GRD mais efetivas.

A técnica de mapas de calor foi empregada para análise e visualização mais eficazes desses eventos, facilitando a identificação das áreas de maior risco onde acidentes resultaram em vítimas fatais ou feridas e que demandaram a intervenção dos serviços de emergência do CBMMG/SIATE.

O mapa de densidade de acidentes oferece, por meio do uso de diferentes gradações de cores, uma visão clara de quais áreas acumularam a maior quantidade de acidentes durante o período analisado. As áreas com tons vermelhos denotam regiões com alta densidade de acidentes, enquanto as tonalidades azuis indicam locais com menor incidência. Já a presença de tonalidades laranja e amarela sinaliza áreas com uma frequência ligeiramente reduzida de eventos.

2.4 Limitações

Dentre as limitações identificadas, ressaltam-se as inconsistências da base de dados fornecida, como colunas de coordenadas incompletas no banco de dados, preenchimento incorreto de ocorrências e a presença de duplicatas, abrangendo cerca de 8% dos registros de acidentes automobilísticos atendidos pelo CBMMG na região.

Uma outra limitação está relacionada à subnotificação dos dados, uma vez que a quantidade de acidentes analisados não reflete completamente a totalidade de eventos reais, em virtude da ausência do registro de todos os acidentes pelo CBMMG. Podem ocorrer situações em que a vítima recebe socorro de terceiros, busca assistência por meios próprios ou é atendida por ambulâncias de planos de saúde, da rede municipal de saúde, entre outros, de modo que não é feito o registro do evento na base de dados do CBMMG.

Adicionalmente, os acidentes que não representaram ameaça à vida humana e não resultaram em vítimas feridas ou mortas não foram incluídos nos registros do banco de dados. Segundo Ferraz *et al.* (2012), as bases de dados que registram os acidentes de trânsito de acordo com os boletins de ocorrência representam a principal fonte de dados para entender a segurança viária e elaborar medidas para mitigar os riscos. Contudo, é importante destacar que essas informações retratam um recorte das ocorrências no município, devido aos seguintes motivos: sub-registro de

acidentes; falhas no boletim de ocorrência; erro de codificação e impossibilidade de identificação do local.

2.5 Aspectos éticos

Não se aplica o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), de acordo com a Resolução nº 674, do Conselho Nacional de Saúde (CNS), art. 26, inciso V, de 6 de maio de 2022:

São dispensadas de apreciação, pelo Sistema CEP/Conep, as pesquisas que se enquadrem exclusivamente nas seguintes situações: (...) V - Pesquisa realizada exclusivamente com informações ou dados já disponibilizados de forma agregada, sem possibilidade de identificação individual (Brasil, 2022, art.26).

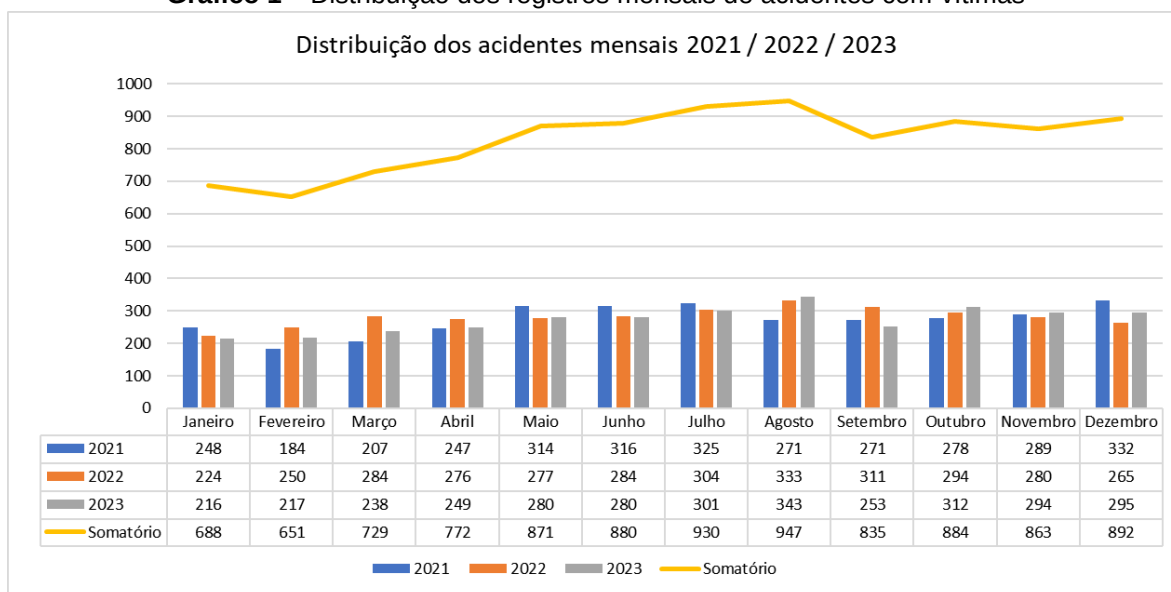
3 RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio da análise e tratamento do banco de dados disponibilizado pela seção de inteligência do Estado Maior/Centro Integrado de Informações de Segurança Pública, referente aos anos de 2021, 2022 e 2023, são apresentados neste capítulo.

3.1 Análise dos registros dos acidentes de trânsito por mês e dia da semana

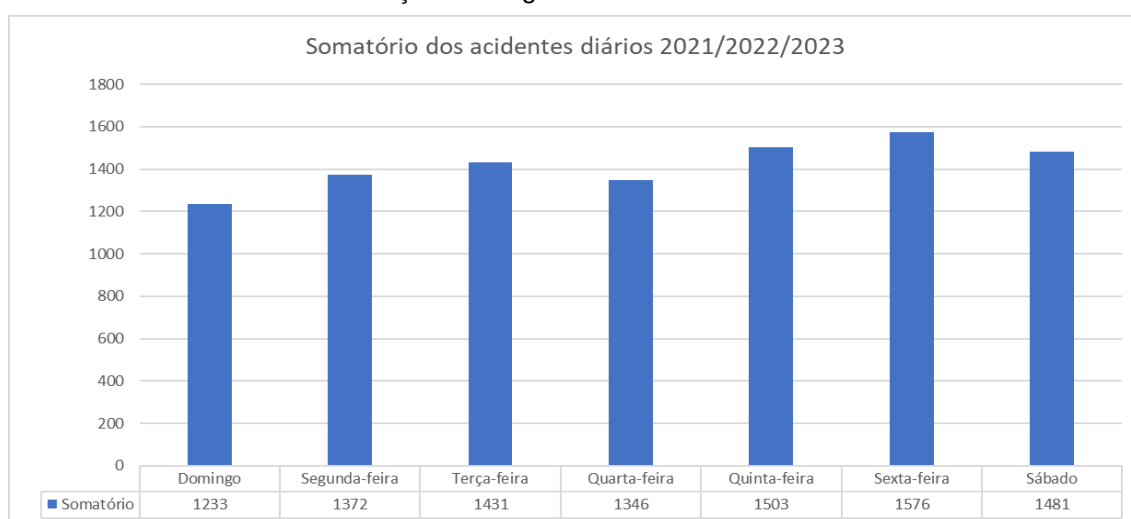
No triênio 2021, 2022 e 2023 foram registradas 10.813 ocorrências. Após o tratamento de dados (descrito no Capítulo 2 – Método), foram analisados 9.942 registros os quais foram divididos de acordo com os meses do ano e dias da semana, exibidos nos Gráficos 1 e 2, respectivamente.

No ano de 2021, foram registrados 3.282 acidentes; em 2022, o número foi de 3.382 acidentes; e, em 2023, observou-se 3.278 acidentes. Apesar das restrições de deslocamento devido à pandemia de Covid-19 ainda estarem em vigor no ano de 2021, não se observou uma diferença relevante na quantidade de acidentes veiculares registrados.

Gráfico 1 – Distribuição dos registros mensais de acidentes com vítimas

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

De acordo com o Gráfico 1, o mês de fevereiro exibe o menor número de ocorrências mensais de acidentes, totalizando 651 registros, o que pode ser atribuído à menor quantidade de dias em comparação aos outros meses. Por outro lado, o mês de agosto se destaca como o período de maior incidência, contabilizando 947 registros. Os dados apontam um crescimento contínuo nos registros de acidentes ao longo dos meses iniciais, atingindo o pico no mês de agosto. Os meses seguintes não apresentam variação significativa.

Gráfico 2 – Distribuição dos registros diários de acidentes com vítimas

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

O Gráfico 2 exibe uma menor quantidade de ocorrência de acidentes com vítimas no domingo totalizando 1.233 registros, enquanto a sexta-feira se destaca como o dia com a maior incidência, contabilizando 1.576 registros e, portanto, um aumento de aproximadamente 30%.

Esse fato pode ser atribuído a uma combinação de fatores comportamentais, sociais e ambientais. Sextas-feiras são tradicionalmente associadas ao fim da semana de trabalho, resultando em um aumento no volume de tráfego à medida em que as pessoas retornam para casa ou se deslocam para atividades de lazer.

Adicionalmente, a disposição para participar de eventos sociais, incluindo encontros com amigos e familiares ou idas a bares e restaurantes, tende a ser maior nas sextas-feiras, resultando em um aumento na circulação de pedestres e veículos durante as horas noturnas. Essa dinâmica pode contribuir para o aumento do risco de acidentes, especialmente quando associada ao consumo de álcool. De acordo com o IBGE (2019), 14,8% dos motoristas da Região Sul e Sudeste dirigem após beber.

A redução de acidentes aos domingos pode ser explicada pela menor quantidade de deslocamentos relacionados ao trabalho, ao estudo e às atividades de lazer noturnas, resultando em um tráfego significativamente mais calmo. Além disso, o comportamento dos condutores pode ser mais cauteloso, dada a menor pressão para cumprir horários em comparação com os dias úteis.

Conforme os dados apresentados por uma pesquisa realizada pela ZigNet (2023) em colaboração com a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), o ano de 2022, no Brasil, evidenciou a sexta-feira como o dia com a mais alta frequência de acidentes, correspondendo a 16,7% do total das ocorrências registradas. Em contrapartida, o domingo destacou-se como o dia com a menor incidência de acidentes, representando 11,1% do total de ocorrências. Esses resultados indicam que a pesquisa conduzida em Uberlândia está em consonância com os resultados alcançados em âmbito nacional.

3.2 Análise espacial dos acidentes de trânsito

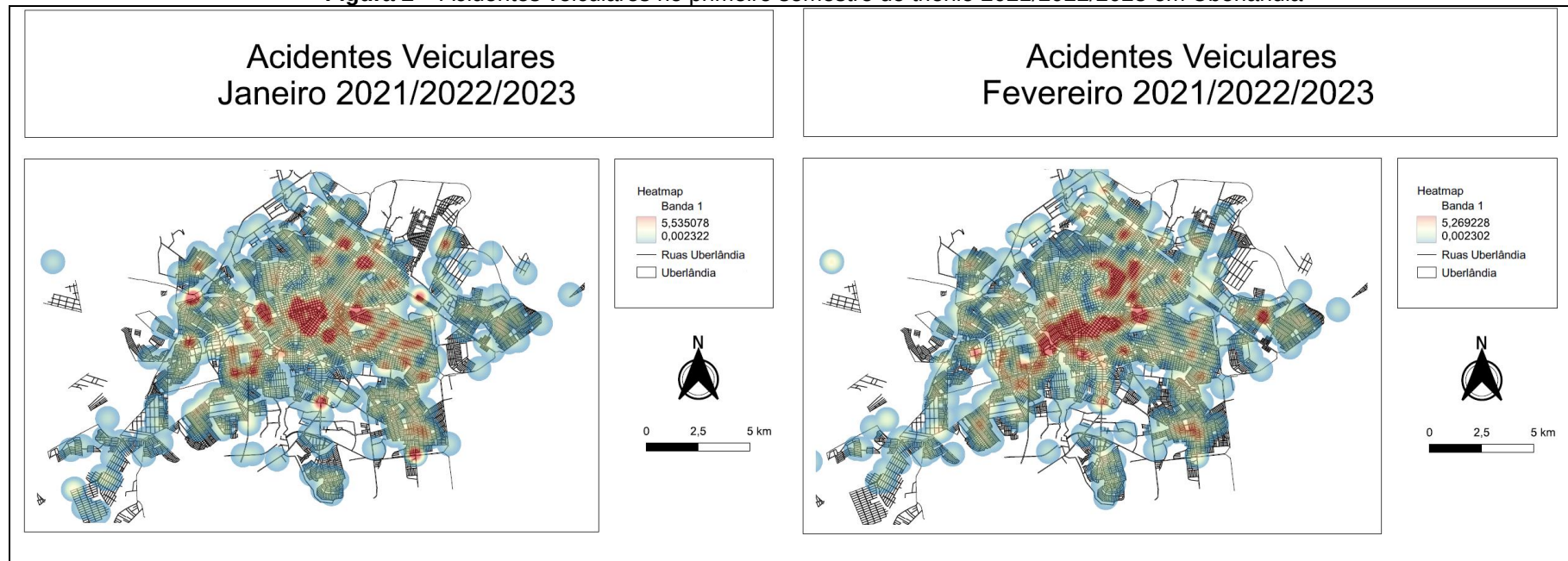
Examinar a incidência dos acidentes de trânsito com base em sua localização espacial possibilita uma compreensão mais aprofundada da dinâmica e dos elementos

(como a infraestrutura viária, padrões de ocupação do solo em determinada região, deficiências na sinalização, entre outros fatores) que influenciam na frequência desses eventos (Alves e Raia Jr., 2009).

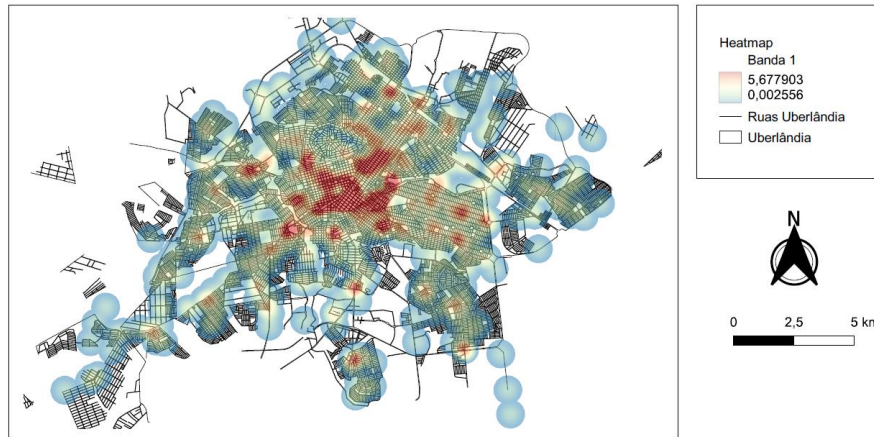
A análise dos acidentes foi realizada por meio dos mapas de densidade de calor, utilizando o método de estimativa de densidade de Kernel. Nesse contexto, os valores analisados nas figuras representam a densidade espacial dos acidentes em diferentes áreas. Dessa forma, o resultado no mapa é uma superfície em que os valores mais altos indicam regiões com maior concentração de eventos, enquanto os valores mais baixos refletem áreas de menor densidade.

As Figuras 2 e 3 apresentam a distribuição dos acidentes mensais, registrados nos primeiros e segundos semestres do triênio 2021-2023, respectivamente. Por meio da análise dos mapas de calor percebe-se que os pontos de maior presença de acidentes de trânsito não variam muito ao longo dos meses, apresentando maior concentração na região central, com alguns pontos mais afastados. Isso está relacionado ao fato de a região central apresentar um maior tráfego de veículos em decorrência da alta concentração de atividades comerciais, educacionais e de serviços.

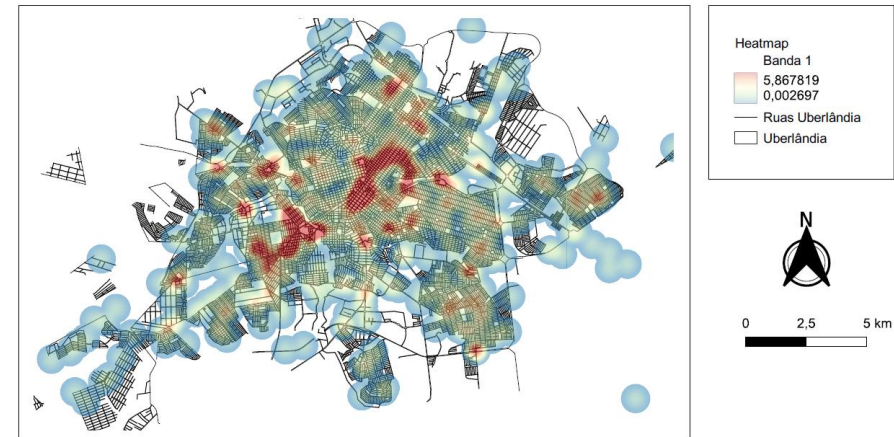
A Figura 4 mostra a distribuição dos acidentes diários, registrados de domingo a sábado. Ao analisar os mapas de calor, observa-se que, assim como na avaliação mensal, a maior concentração de acidentes ocorre na região central do município. Entretanto, nos finais de semana as ocorrências ficam mais distribuídas pelo município, principalmente no domingo, uma vez que as pessoas realizam mais deslocamentos pela cidade à lazer, na visita de familiares, encontro com os amigos ou até mesmo em viagens curtas, abrangendo todo o município. Dessa forma, é importante pensar em estratégias de GRD e GD voltadas para os finais de semana em que os acidentes de trânsito não estão concentrados na região central do município.

Figura 2 – Acidentes veiculares no primeiro semestre do triênio 2021/2022/2023 em Uberlândia

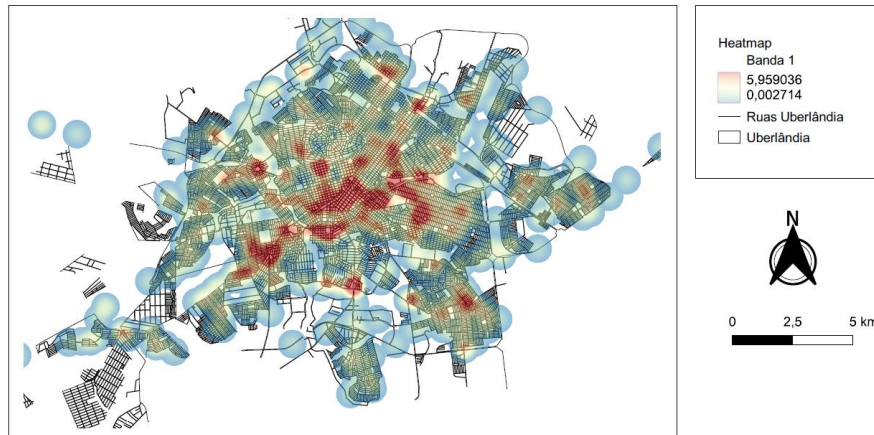
Acidentes Veiculares Março 2021/2022/2023



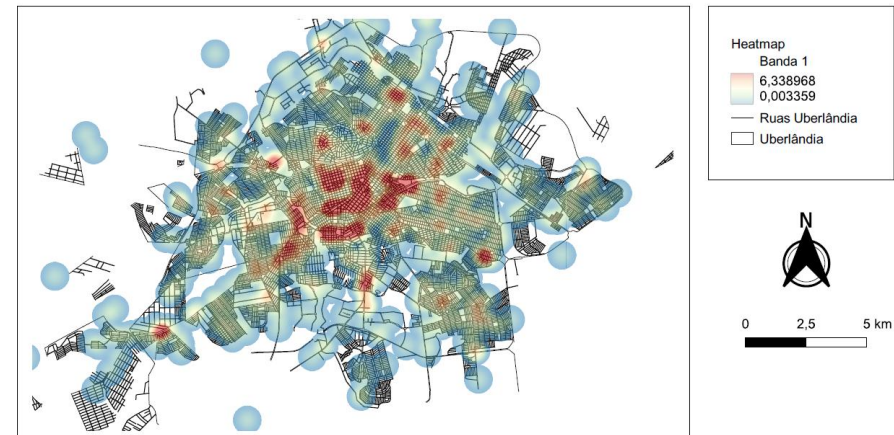
Acidentes Veiculares Abril 2021/2022/2023



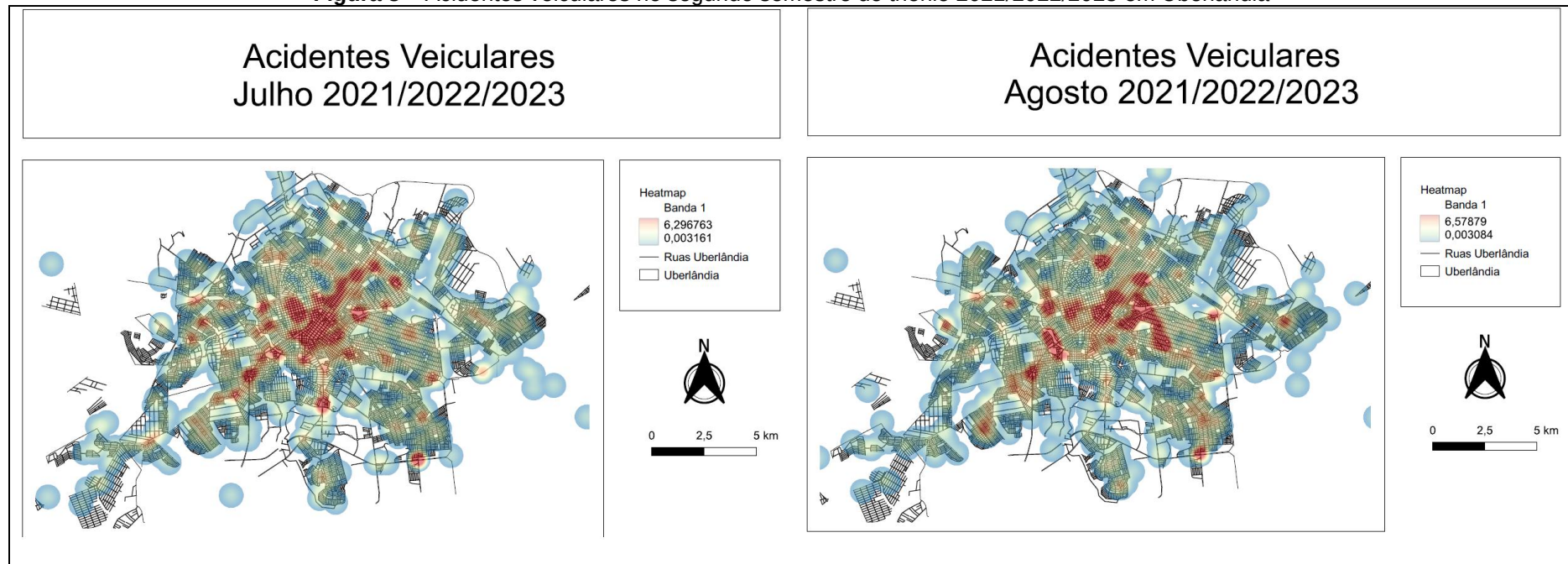
Acidentes Veiculares Maio 2021/2022/2023



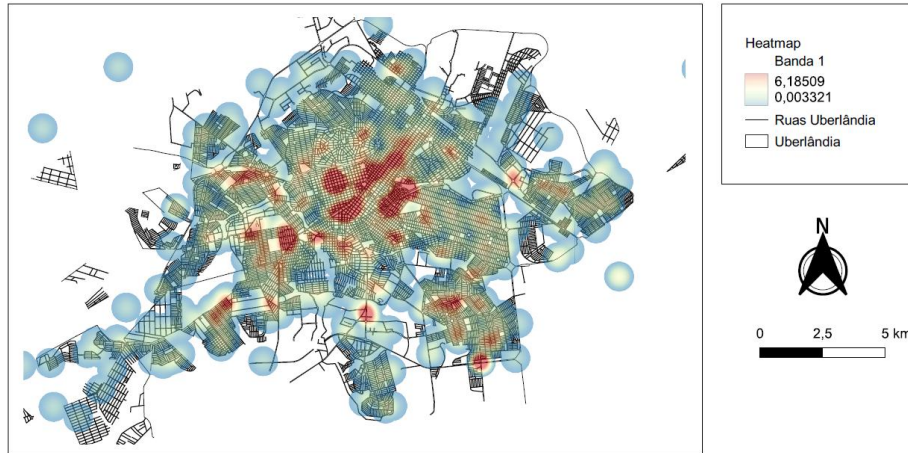
Acidentes Veiculares Junho 2021/2022/2023



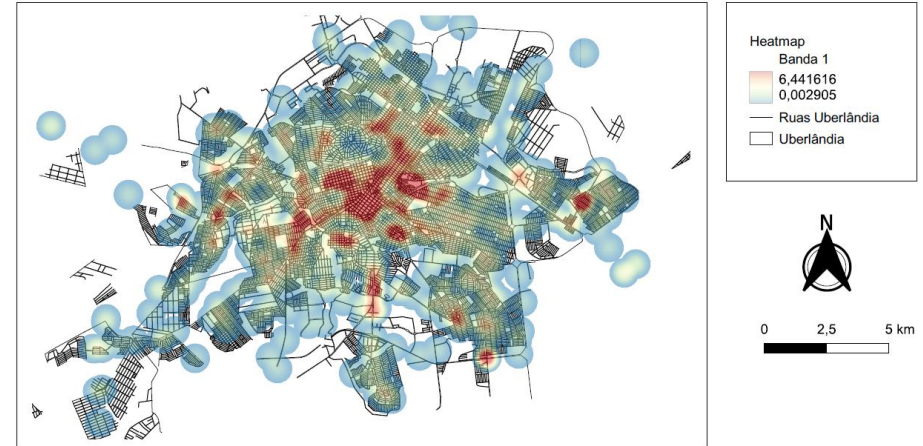
Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Figura 3 – Acidentes veiculares no segundo semestre do triênio 2021/2022/2023 em Uberlândia

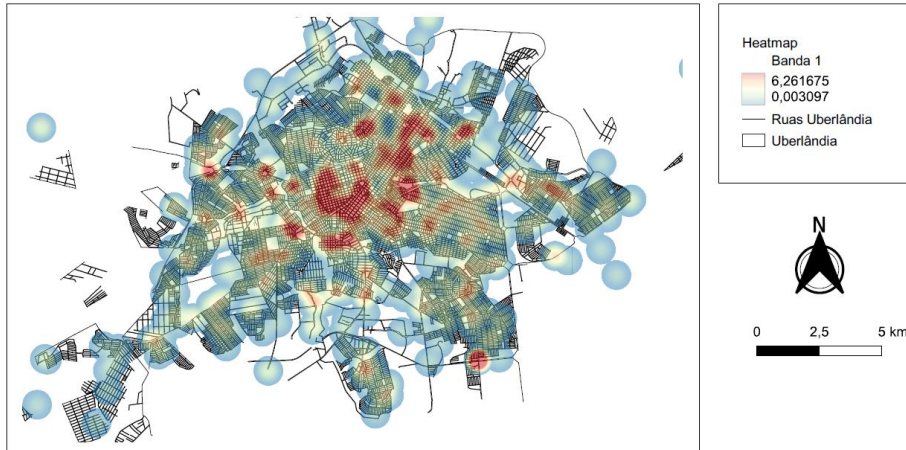
Acidentes Veiculares Setembro 2021/2022/2023



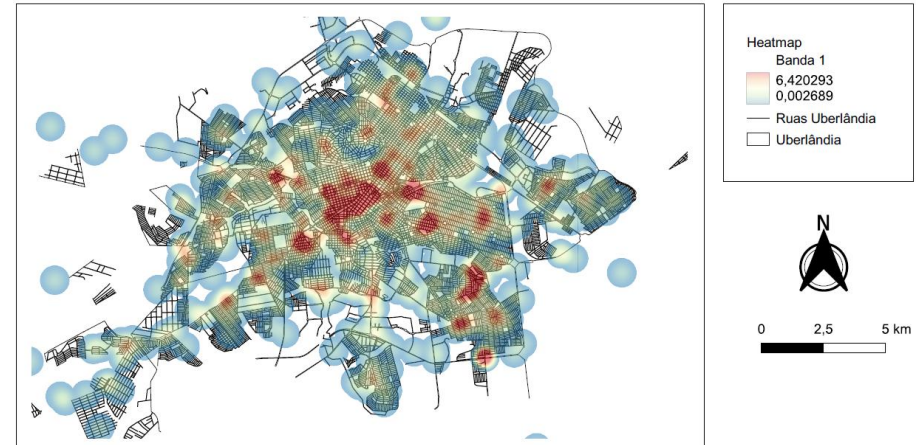
Acidentes Veiculares Outubro 2021/2022/2023



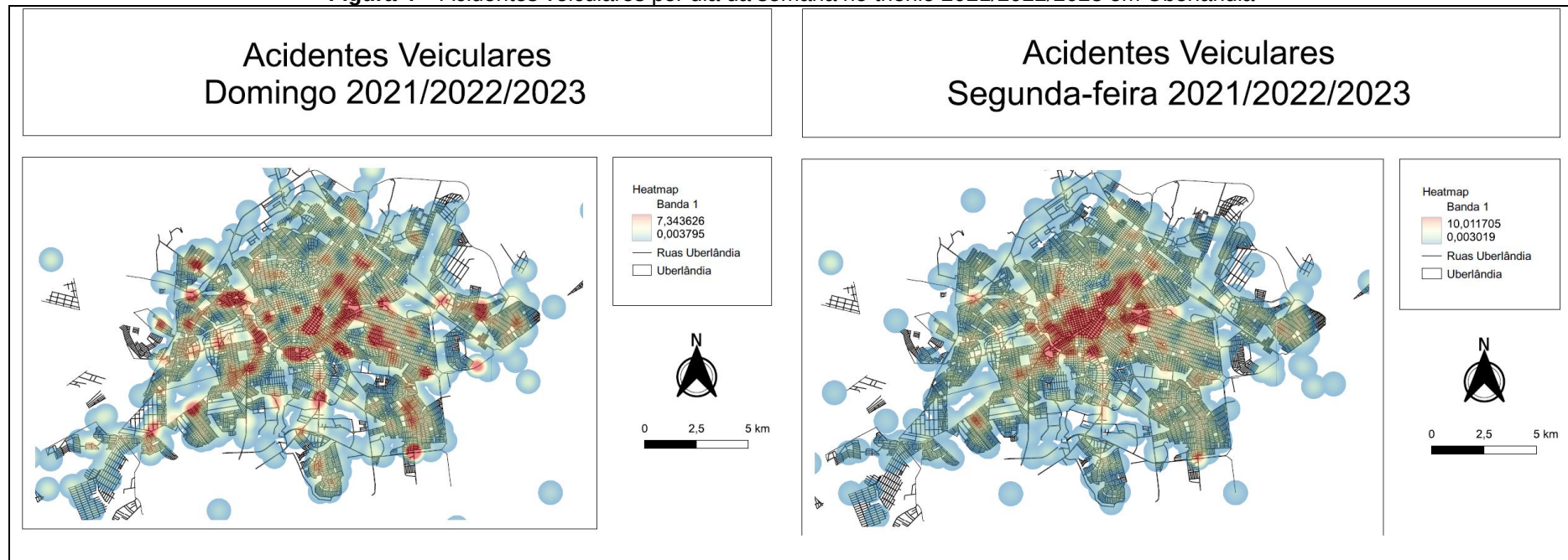
Acidentes Veiculares Novembro 2021/2022/2023



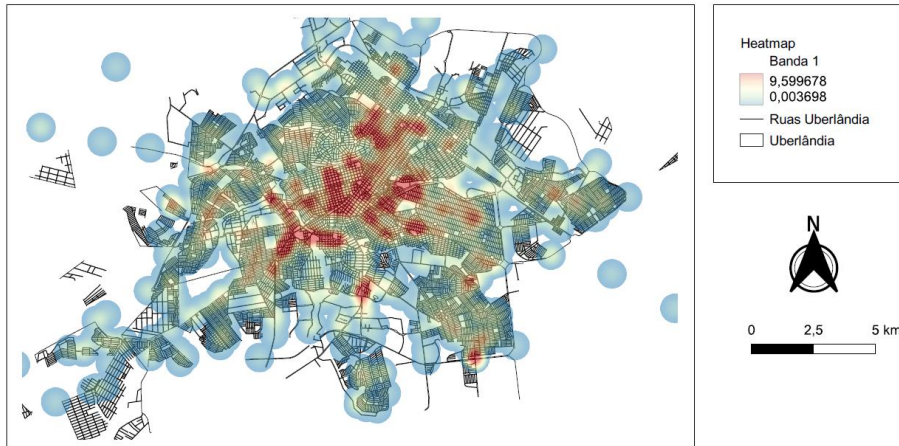
Acidentes Veiculares Dezembro 2021/2022/2023



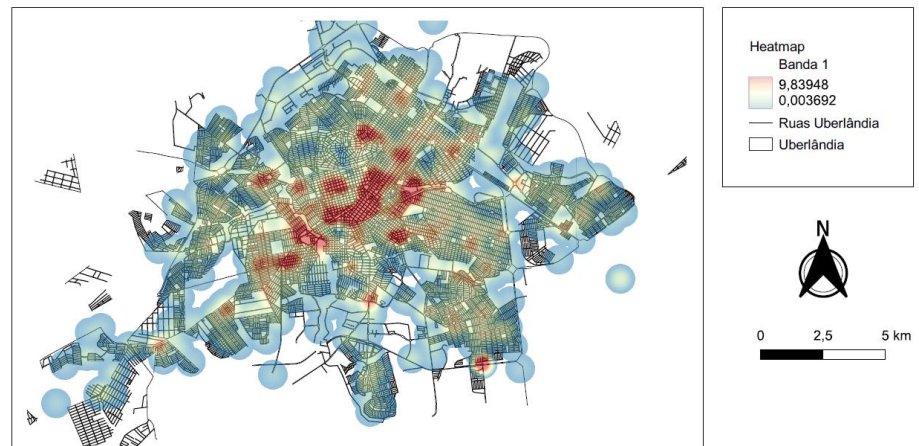
Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Figura 4 – Acidentes veiculares por dia da semana no triênio 2021/2022/2023 em Uberlândia

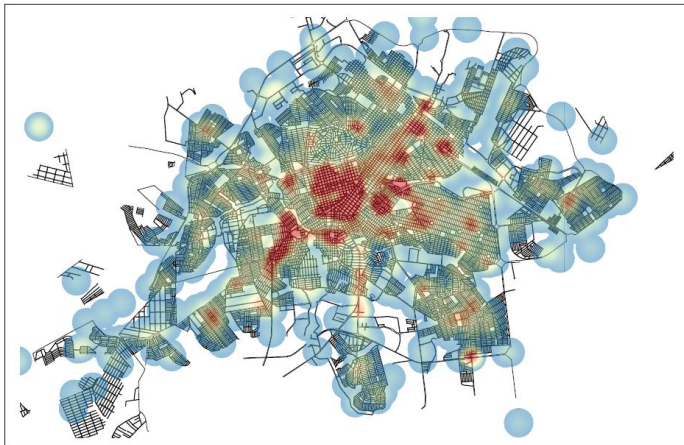
Acidentes Veiculares Terça-feira 2021/2022/2023



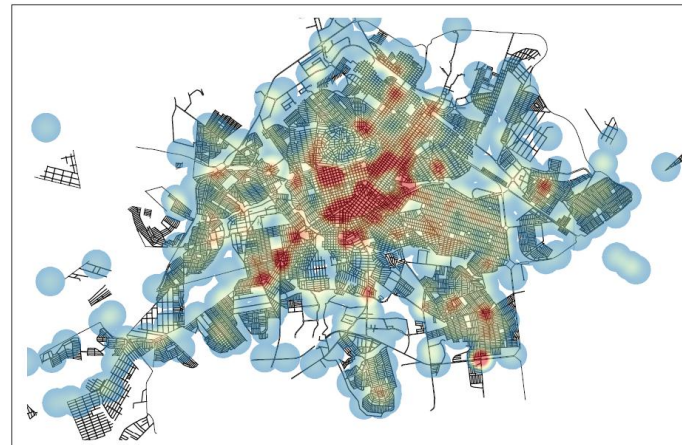
Acidentes Veiculares Quarta-feira 2021/2022/2023

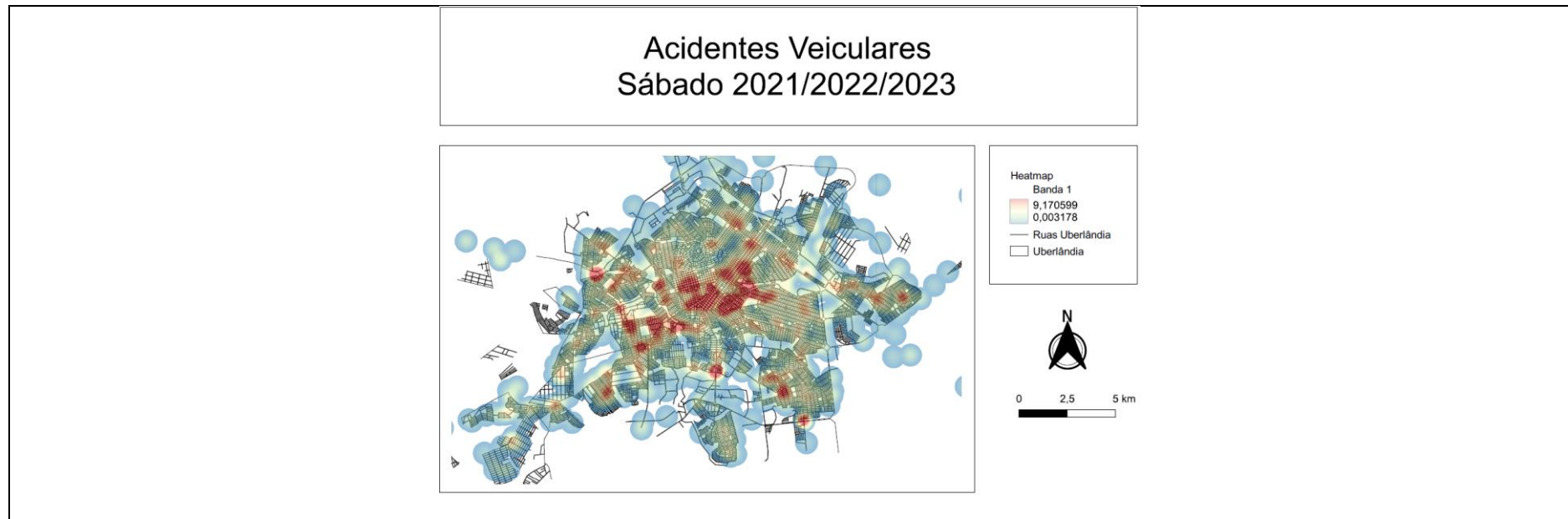


Acidentes Veiculares Quinta-feira 2021/2022/2023



Acidentes Veiculares Sexta-feira 2021/2022/2023

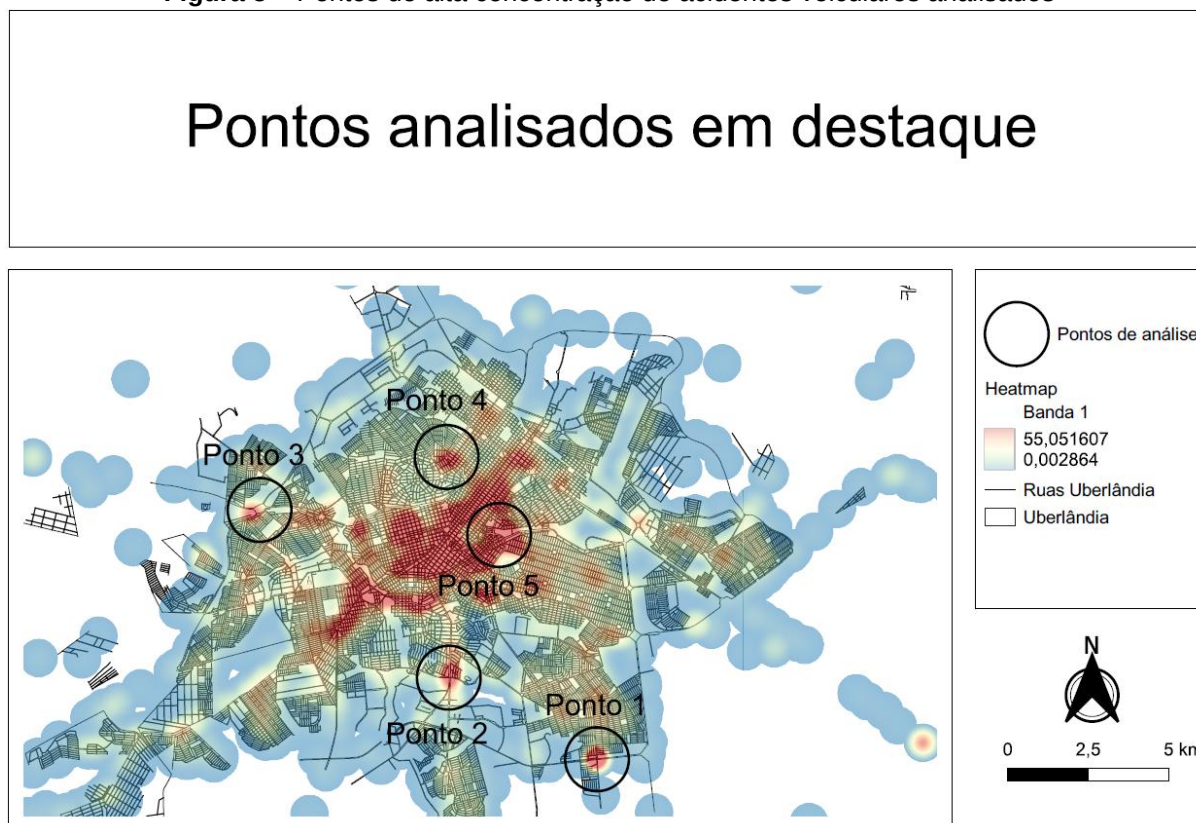




Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Após a elaboração dos mapas, foram identificados pontos de atenção dentro do perímetro urbano de Uberlândia, que apresentaram elevado índice de acidentes e foram analisados de maneira mais aprofundada, com o intuito de indicar ações de GRD locais. Os pontos foram marcados no mapa de calor plotado a partir do somatório de todas as ocorrências do triênio analisado e podem ser identificados na Figura 5.

Figura 5 – Pontos de alta concentração de acidentes veiculares analisados



3.2.1 Cruzamento entre a Avenida Serra da Bodoquena e o Anel Viário St. Sul

É importante destacar que algumas áreas periféricas do perímetro urbano também apresentaram alta incidência de acidentes ao longo dos meses. Sendo necessária uma análise pelo Google Street View, um serviço de mapeamento fotográfico de ruas criado pela multinacional Google Inc., que oferece aos utilizadores vistas panorâmicas, de 360° na horizontal e 290° na vertical, ao nível das ruas.

Uma verificação mais aprofundada revela que o cruzamento entre a Avenida Serra da Bodoquena e o Anel Viário St. Sul, ponto 1 apresentado na Figura 5, destaca-se como um dos pontos com maior concentração de acidentes durante o ano. Ao examinar a região pelo Google Street View, é evidente que as vias possuem deficiências na sinalização e falta de qualidade na pavimentação, com buracos e ausência de asfalto, como apresentado na Figura 1 do apêndice A. Ressalta-se que a unidade do CBMMG mais próxima desse ponto crítico é o Pelotão Sul, pertencente ao 5º BBM, situado a uma distância aproximada de 2,5 km, com tempo resposta estimado variando entre 4 e 8 minutos, podendo ser observado na Figura 1 do apêndice B.

3.2.2 Cruzamento entre a Avenida dos Vinhedos e Avenida Nicomedes Alves dos Santos

Um segundo ponto relevante e que requer atenção é o entroncamento entre a Avenida dos Vinhedos e a Avenida Nicomedes Alves dos Santos, ponto 2 apresentado na Figura 5. De acordo com a prefeitura municipal de Uberlândia (2023), aproximadamente 120 mil motoristas, inclusive do transporte público, trafegam diariamente pela região, resultando em um intenso fluxo de veículos.

Melhorias na pavimentação e na sinalização foram realizadas em 2023 com a construção do viaduto Manoel Carlos Rodrigues de Castro Santos, como mostrado na Figura 2 do apêndice A. A unidade do CBMMG mais próxima desse ponto é, também, o Pelotão Sul, situado a uma distância aproximada de 5 km, com um tempo resposta variando entre 8 e 16 minutos, podendo ser observado na Figura 1 do apêndice B.

3.2.3 Interseção Anel Viário St. Oeste e Rodovia MGC-497

Um terceiro ponto relevante, identificado por meio da análise de mapas de calor, está localizado na interseção do Anel Viário St. Oeste com a Rodovia MGC-497, próximo ao Viaduto Paschoalina Felice, ponto 3 da Figura 5. Ao observar a área pelo Google Street View, nota-se uma baixa qualidade na pavimentação e a ausência de acostamentos, o que pode contribuir para o aumento da ocorrência de acidentes no local conforme observa-se na Figura 3 do apêndice A.

É importante enfatizar que trechos de rodovias federais dentro dos limites urbanos demandam uma atenção especial à segurança, devido à interação entre os fluxos de trânsito urbano e rodoviário, à presença de pedestres e ao volume de tráfego significativamente maior em comparação com áreas fora do perímetro urbano. A unidade do CBMMG mais próxima desse ponto é o Pelotão Oeste, situado a uma distância aproximada de 5,7 km, com um tempo resposta variando entre 9 e 18 minutos, podendo ser observado na Figura 1 do apêndice B.

3.2.4 Cruzamento da Rua Manaus, Rua Guaporé e Avenida Balaiadas

O quarto ponto de interesse, identificado por meio da análise visual utilizando mapas de calor, está localizado na interseção entre a Avenida Balaiadas e as ruas Manaus e Guaporé, ponto 4 da Figura 5. Uma avaliação inicial conduzida por meio do Google Maps indicou a presença de cinco faixas de tráfego distintas, aspecto que pode contribuir para a ocorrência de acidentes numa área majoritariamente residencial. Um exame mais detalhado, realizado por meio do Google Street View até a data de atualização mais recente (março de 2023), constatou que a área apresentava uma sinalização de trânsito adequada, conforme observa-se na Figura 4 do apêndice A.

A unidade do CBMMG mais próxima desse local é a sede do 5º BBM, situada a uma distância aproximada de 2,9 km da interseção mencionada, com um tempo estimado de deslocamento variando entre 6 e 14 minutos e o 5º Pelotão Industrial, situada a 3,8km com um tempo estimado de deslocamento variando entre 7 e 16 minutos, podendo ser observado na Figura 1 do apêndice B.

3.2.5 Região do Center Shopping Uberlândia

A quinta área de interesse deste estudo, ponto 5 apresentado na Figura 5, corresponde à região em torno do Center Shopping em Uberlândia, local que se destaca pela confluência de vias significativas do município, tais como a Avenida Rondon Pacheco, Avenida João Naves de Ávila e Avenida Anselmo Alves dos Santos. Essas avenidas são notórias pelo elevado volume de tráfego, abrangendo tanto

veículos particulares quanto transporte público, além de incluírem faixas destinadas ao trânsito de bicicletas, conforme observa-se na Figura 5 e 6 do apêndice A.

A observação detalhada das Figuras 2, 3 e 4 indica uma alta densidade de acidentes veiculares nessa localidade ao longo do ano. Adicionalmente, a análise da capacidade de resposta emergencial na área revelou que a instalação do CBMMG mais próxima é o Pelotão Centro que se situa a 2,5 km do shopping, com um tempo de resposta estimado variando entre 4 e 14 minutos, podendo ser observado na Figura 1 do apêndice B.

3.3 Avaliação das hipóteses testadas

A validação das hipóteses exploradas neste estudo, apoiadas na análise dos dados estatísticos do corpo de bombeiros e na aplicação de mapas de calor, destaca um potencial considerável para aprimorar a gestão de riscos de desastres e a segurança viária.

Em relação à primeira hipótese testada, utilização de mapas de calor, com base nos dados fornecidos pelo CBMMG, revela-se uma ferramenta eficaz na identificação de padrões espaciais em acidentes de trânsito. Essa abordagem oferece uma representação visual intuitiva das áreas de maior risco, facilitando a detecção de pontos críticos e possibilitando a implementação de medidas preventivas direcionadas.

Conforme os dados analisados, a região central de Uberlândia emerge como a mais suscetível a acidentes, com destaque para certos cruzamentos que registram uma incidência constante de ocorrências ao longo do ano. Além disso, a análise temporal dos acidentes revela uma dispersão maior nos fins de semana, sugerindo variações no comportamento do tráfego associadas a fatores como variações no volume e na dinâmica veicular, ocasionadas por polos geradores de viagem.

Ademais, a segunda hipótese testada, a utilização de mapas na análise de acidentes de trânsito, apresenta uma contribuição significativa à gestão de riscos de desastres, fornecendo uma ferramenta visual e intuitiva para identificar áreas de alto risco e períodos críticos. Ao destacar locais e dias específicos de maior incidência de acidentes, tais mapas permitem que autoridades de gestão de riscos e segurança

viária priorizem intervenções, otimizem a alocação de recursos e desenvolvam estratégias preventivas mais eficazes. Essa abordagem está alinhada aos objetivos de reduzir a vulnerabilidade e melhorar a resiliência das comunidades urbanas em relação aos riscos associados ao trânsito.

Por fim, em relação à terceira hipótese, a disposição estratégica das unidades do CBMMG, conforme evidenciada na Figura 1 do apêndice B, já se baseia em pontos significativos dentro do perímetro urbano, especialmente em áreas com alta incidência de acidentes. Essa distribuição otimiza o tempo de resposta às ocorrências, demonstrando a eficácia do uso de mapas de calor para o planejamento e a distribuição dessas unidades, visando aprimorar a eficiência no atendimento emergencial e reforçar o compromisso da instituição com a redução do tempo resposta.

4 DISCUSSÃO

A utilização do Sistema de Informação Geográfica juntamente com a criação de mapas de calor se revela eficaz, uma vez que permite a análise de locais com alta incidência de ocorrências, algo difícil de constatar quando os dados estão apenas em planilhas. O SIG é uma ferramenta que possibilita, por exemplo, a inserção de dados estatísticos sobre acidentes com base em sua localização geográfica, propiciando a criação de mapas de distribuição espacial desses eventos a partir de arquivos com mapas digitais da cidade ou da rodovia. A principal vantagem proporcionada pela adoção dessa tecnologia de análise de dados é a facilidade de visualização geográfica das áreas com maior concentração de ocorrências, utilizando critérios espaciais (Ferreira, 2017).

Além disso, o SIG possui relevância significativa na detecção de áreas onde há maior concentração de acidentes (locais críticos) empregando parâmetros específicos, tais como: concentração de acidentes em um local definido, que pode ser uma interseção ou trecho de via com pequena extensão (denominados locais críticos); concentração ao longo de um trecho de via (trecho crítico); concentração em uma determinada área (área crítica); concentração em lugares com características similares (cruzamentos ferroviários em nível, faixas de travessia de pedestres,

semáforos, etc.) localizados numa região da cidade, de uma rodovia, etc. (Ferraz *et al.*, 2012).

Por meio dos mapas de calor, é possível identificar regiões de alta incidência de acidentes, o que permite ao CBMMG e outras autoridades locais direcionar recursos e esforços de maneira mais eficaz, seja na melhoria da infraestrutura viária, na implementação de campanhas educativas ou no posicionamento estratégico de unidades de resposta.

Essa abordagem não só contribui para a prevenção de acidentes, como também reforça a capacidade de resposta rápida em emergências, alinhando-se aos princípios da GRD de minimizar impactos socioeconômicos e ambientais e restabelecer a normalidade social após desastres. A integração de dados estatísticos detalhados com tecnologias de geoprocessamento oferece uma base sólida para a tomada de decisões informadas, potencializando a eficácia das ações de GRD no contexto urbano de Minas Gerais.

Após a organização, tratamento e análise de dados dos registros das ocorrências, observou-se uma certa semelhança nos padrões espaçotemporais na comparação entre os meses e dias da semana. No entanto, é importante destacar a presença de regiões críticas, onde a presença de acidentes é constante ao longo do ano. Essas localidades foram verificadas por meio do Google Street View, exibindo inúmeros fatores de riscos associados à via como, por exemplo, defeitos na superfície de rolamento; sinalização deficiente e problemas na lateral da via.

Dessa forma, diversas ações de GRD podem ser adotadas pelo corpo de bombeiros para mitigar os fatores de risco, como, por exemplo, realizar campanhas educativas focadas na conscientização sobre segurança no trânsito; participar do desenvolvimento e implementação de políticas públicas voltadas para a segurança viária; oferecer treinamentos e simulações de respostas a acidentes de trânsito para aprimorar a preparação e resposta rápida; colaborar com outros órgãos na análise de dados de acidentes para identificar pontos críticos e causas comuns; apoiar a implementação de melhorias na infraestrutura viária com base nas análises de risco identificadas.

Além disso, devido ao padrão mais disperso dos acidentes de trânsito identificados nos finais de semana, sugere-se a elaboração de um planejamento

operacional com a disponibilização de viaturas em pontos-base durante esses dias, visando otimizar o tempo resposta.

Portanto, a identificação de locais com maior ocorrência de acidentes veiculares não apenas corrobora com a literatura existente sobre a importância da análise geoespacial no contexto da segurança viária, mas também aponta para a necessidade de políticas públicas e ações de planejamento urbano que priorizem a segurança dos usuários da via. Estratégias como melhorias na infraestrutura viária, otimização da sinalização e iluminação, campanhas de educação para o trânsito e reforço na fiscalização podem ser mais efetivamente direcionadas a partir das percepções oferecidas pelos mapas de calor.

De acordo com Ferraz *et al.* (2012), no passado acreditava-se que os acidentes aconteciam de forma aleatória, sem influência de outros fatores. Contudo, experiências de nações desenvolvidas, aplicando métodos científicos para análise e intervenção, revelaram que os acidentes de trânsito são majoritariamente previsíveis e preveníveis.

A maioria dos acidentes está ligada a um número limitado de fatores de risco, que, uma vez identificados e mitigados através de políticas eficazes baseadas em dados e análises precisas, podem significativamente reduzir essa incidência. A redução eficaz dos acidentes de trânsito depende de uma abordagem científica rigorosa, que inclui a coleta e análise de dados, implementação de medidas adequadas e seu contínuo monitoramento. Tal processo requer o envolvimento de equipes técnicas multidisciplinares, sob a orientação de profissionais com vasta experiência no campo.

5 CONCLUSÃO

Este estudo avaliou a aplicabilidade dos dados estatísticos do CBMMG sobre acidentes veiculares, utilizando mapas de calor para apoiar ações preventivas e melhorias na infraestrutura viária e em iniciativas de GRD e GD. Verificou-se que a corporação possui uma base de dados históricos robusta para tais análises, permitindo a identificação de áreas com alta incidência de acidentes ao longo dos

anos e variações na frequência de acidentes durante a semana, o que também contribuiu para investigações detalhadas sobre a qualidade das vias.

Visando contemplar os objetivos específicos da pesquisa, foram gerados gráficos que possibilitaram as análises mensal e semanal dos acidentes de trânsito. Essas análises revelaram percepções valiosas sobre a temporalidade e frequência desses eventos.

Detectou-se uma variação mensal significativa nos registros de acidentes, com o mês de fevereiro apresentando o menor número de ocorrências, o que pode ser atribuído ao menor número de dias no mês. Por outro lado, o mês de agosto registrou o maior número de acidentes, embora não tenha sido possível estabelecer um padrão definido para essa variação ao longo dos meses analisados.

Em relação aos dias da semana, constatou-se que sextas-feiras e sábados são os períodos com maiores registros de acidentes. Essa tendência sugere uma possível correlação com as atividades desempenhadas nesses dias, incluindo o aumento do lazer e do consumo de álcool.

Além disso, foram elaborados mapas de calor de forma a aprofundar a compreensão da distribuição geográfica e temporal dos acidentes de trânsito atendidos pelo CBMMG. Essa abordagem visual permitiu uma análise mais detalhada e intuitiva da distribuição dos incidentes, servindo como uma ferramenta valiosa na identificação de padrões e tendências relevantes para a segurança viária.

Em seguida, contemplando o terceiro objetivo específico desta pesquisa, ainda pela análise dos mapas de calor, foi possível identificar as áreas críticas na região de estudo. Embora os acidentes durante os meses do ano não apresentem significativa variação espacial, foi possível detectar locais com tendência constante de ocorrências, especialmente em determinadas regiões. Essa identificação de áreas críticas é fundamental para direcionar esforços e recursos na prevenção de acidentes futuros.

O quarto objetivo específico, foi atingido, uma vez que os mapas de calor demonstraram ser eficazes como ferramentas de comunicação e compreensão das áreas de risco relacionadas a acidentes de trânsito. Por meio deles, foi possível não apenas identificar locais com alta densidade de acidentes ao longo do ano, mas

também observar uma mudança na dinâmica dos acidentes entre finais de semana e dias úteis.

Com base nos resultados obtidos, foram recomendadas a implementação de campanhas educacionais para a conscientização sobre segurança no trânsito, o aumento de operações de fiscalização, a manutenção e segurança das vias, além de um redesenho no fluxo veicular e ajustes nos limites de velocidade, o que deve ser avaliado pela engenharia de trânsito. Essas medidas são alinhadas aos pilares do Pnatrans e visam não apenas reduzir a incidência de acidentes, assim como mitigar suas consequências para a sociedade.

Portanto, é necessário examinar profundamente as condições de tráfego e segurança em locais de alta ocorrência de acidentes. Medidas como aprimoramento da sinalização, ajuste no fluxo de veículos, implementação de políticas para pacificação do trânsito, e campanhas educativas para motoristas e pedestres são essenciais para diminuir acidentes. Adicionalmente, incentivar o uso de transporte público e bicicletas pode aliviar o trânsito nessas áreas críticas, fomentando uma mobilidade urbana mais segura e sustentável.

Por fim, para uma efetiva utilização de análises estatísticas como apoio às ações de GRD, no contexto dos acidentes de trânsito, é necessário que os bombeiros militares e outros agentes públicos responsáveis pelos registros tenham uma base de dados robusta e uma boa capacidade de análise para garantir a implementação e a eficiência do projeto. Destaca-se, por isso, a importância da capacitação contínua desses profissionais.

Para futuras pesquisas, recomenda-se expandir a aplicação desse método a outras cidades, como a Região Metropolitana de Belo Horizonte e outros municípios com SAMU, por exemplo, para comparar os resultados. Além disso, sugere-se explorar formas de aprimorar o preenchimento do Registro de Eventos de Defesa Social, visando fortalecer a base de dados, bem como o desenvolvimento de estudos que avaliem a necessidade de integração dos bancos de dados das forças de segurança pública com a Secretaria Estadual de Saúde, de forma a alinhar informações extra e intra-hospitalar.

REFERÊNCIAS

ALVES, P.; RAIA Jr., A. A. Polos Geradores de Viagem e acidentalidade viária em Uberlândia-MG. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 2. 2009, Maringá. **Anais [...]**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2009. P.1-11.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Contém as emendas constitucionais posteriores. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 7 out. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Brasília: Congresso Nacional, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em: 7 out. 2023.

BRASIL. **Lei n.º 13.614, de 11 de janeiro de 2018**. Brasília, 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13614.htm. Acesso em: 16 jan. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.750, de 12 de dezembro de 2023**. Brasília: Congresso Nacional, 2023. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/L14750.htm>. Acesso em: 16 jan. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 674, de 6 de maio de 2022**. Dispõe sobre a tipificação da pesquisa e a tramitação dos protocolos de pesquisa no Sistema CEP/Conep. Disponível em: <https://conselho.saude.gov.br/images/Resolucao_674_2022.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2024.

BRASIL. Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesão no Trânsito. **Conheça os seis pilares do Pnatrans**. 2021a. Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/pnatrans>>. Acesso em: 8 mar. 2024.

BRASIL. **Plano Nacional de Segurança Pública e Defesa Social (2021-2030)**. 2021b. Brasília. Disponível em: https://www.gov.br/mj/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/categorias-de-publicacoes/planos/plano_nac_de_seguranca_publica_e_def_soc_2021_2030.pdf/view. Acesso em: 7 out. 2023.

CÂMARA, Gilberto *et al.* Análise espacial de áreas. **Análise espacial de dados geográficos**, v. 2, 2004.

CARVALHO, C. **Custo dos acidentes de trânsito no Brasil**: estimativa simplificada com base nas atualizações das pesquisas do IPEA sobre os custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias. Brasília, 2020. (Texto para Discussão, n.

2565).

DA FONSECA, Dayana Ferreira. **Estudo das intervenções implementadas no serviço de emergência de um hospital universitário federal**. 2019. Tese de Doutorado. [sn].

DE CASTRO, Antônio Luiz Coimbra. **Glossário de defesa civil estudos de riscos e medicina de desastres**. Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria Especial de Políticas Regionais, Departamento de Defesa Civil, 1998.

EIRD. Estratégia Internacional para a Redução dos Desastres. **Marco de Ação de Hyogo 2005- 2015**: aumento da resiliência das nações e das comunidades frente aos desastres. 2005.

FERRAZ, Coca *et al.* **Segurança viária**. São Carlos, SP: Suprema Gráfica e Editora, 2012.

FERREIRA, Paulo César Pêgas. **Uma proposta de tratamento dos dados sobre acidentes nas rodovias federais brasileiras com vistas a atuar preventivamente na redução de sua ocorrência**. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Censo 2022**. 2022a. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberlandia/panorama>>. Acesso em: 29 nov. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Frota de Veículos 2022**. 2022b. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberlandia/pesquisa/22/28120>>. Acesso em: 29 nov. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Impulsionado pelas mulheres, consumo de álcool cresce entre os brasileiros de 2019**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/29472-impulsionado-pelas-mulheres-consumo-de-alcool-cresce-entre-brasileiros-em-2019>>. Acesso em: 15 dez. 2023.

JOURNAL, A.G.; HUIJBREGTS, Ch.J. (1978). **Mining geostatistics**. Academic Press, 600p

MAGUIRE, D. J.; LONGLEY, P. A.; RHIND, D. W.; GOODCHILD, M. F. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MINAS GERAIS. Constituição, 1989. **Constituição do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa, 1989.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Bombeiros em Números**. Belo Horizonte, 2024. Disponível em:

<https://intranet.bombeiros.mg.gov.br/units/0000000007/24682>. Acesso em: 12 jan. 2024.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Instrução Técnica de Ensino nº 44**: Dispõe sobre as Normas de Elaboração e Apresentação de Trabalhos de Conclusão de Curso e Dá Outras Providências. Belo Horizonte, 2023a.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Instrução Técnica Operacional 25**. Padronização do Registro de Eventos do Corpo de Bombeiros Militar. 3.ed. Belo Horizonte, 2020.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Plano de Comando 2015/2026**. 5.ed. Belo Horizonte: CBMMG, 2023b.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Resolução nº 710, de 02 de março de 2017**: regula os documentos normativos do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), revoga a Resolução nº 78, de 25 de junho de 2002, e dá outras providências. Belo Horizonte, 2017.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Defesa Social. **Diretriz Integrada de Ações e Operações do Sistema de Defesa Social de Minas Gerais – DIAO** Sistema Integrado de Defesa Social – SIDS. 2008. Disponível em: <https://diao.sids.mg.gov.br/home>. Acesso em: 2 dez. 2023.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Saúde. **Óbitos por acidentes de transporte terrestre**. 2023c. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiYjI3NmM3YTQtZGQyOC00N2QxLTiNjktMWQxNDc2ZWMyZDdlIiwidCI6ImU1ZDNhZTdjLTliMzgtNDhkZS1hMDg3LWY2Nm0YTI4NzU3NCJ9&pageName=ReportSection3502a3bc9513457c2b19>>. Acesso em: 9 nov. 2023.

ONU. (2015). **Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030**. Disponível em: https://www.unisdr.org/files/43291_63575sendaiframeworkportunofficialf%5B1%5D.pdf. Acesso em: 9 nov. 2023.

OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. **OMS lança Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2021-2030**. 2021. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/28-10-2021-oms-lanca-decada-acao-pela-segurancano-transito-2021-2030>>. Acesso em: 9 nov. 2023.

ROSA, Roberto. Análise espacial em geografia. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 01, p. 275-289, 2011.

SANTOS, Roberta Pimenta Cunha dos *et al.* **Análise das correlações em séries temporais de acidentes de trânsito e de outras séries**. 2022.

SHINOHARA, E. J., Machado, C. A., Giannotti, M. A., & Quintanilha, J. A. (2015). Caracterização de padrões do comportamento espacial de veículos (monitorados) em movimento-PCEVM. **Journal of Transport Literature**, 9(3), 15-19.

UBERLÂNDIA. **Prefeitura inaugura maior viaduto da cidade na avenida Nicomedes Alves dos Santos**. 2023. Disponível em: <<https://www.uberlandia.mg.gov.br/2023/04/10/prefeitura-inaugura-maior-viaduto-da-cidade-na-avenida-nicomedes-alves-dos-santos/#:~:text=Constru%C3%ADdo%20na%20avenida%20Nicomedes%20Alves,qualidade%20e%20agilidade%20na%20locomo%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 7. Jan. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) *et al.* **Plano Global-Década de Ação pela segurança no trânsito 2021-2030**. 2021. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/documentos/plano-global-decada-acao-pela-seguranca-no-transito-2021-2030>>. Acesso em: 9 nov. 2023.

ZIGNET. **Censo de Trânsito ZigNet/Unicamp - Acidentes de trânsito**. 2023. Disponível em: <<https://www.zignet.com.br/estudo/acidentes-de-transito>>. Acesso em: 8 mar. 2024.

APÊNDICE A – Imagens Google Street View

Figura 1 – Cruzamento entre avenida serra da Bodoquena e o Anel Viário st. sul

Fonte: Google Street View.

Figura 2 – Cruzamento entre avenida dos Vinhedos e avenida Nicomedes Alves dos Santos

Fonte: Google Street View.

Figura 3 – Interseção Anel Viário St. Oeste e Rodovia MGC-497

Fonte: Google Street View.

Figura 4 – Cruzamento da rua Manaus, rua Guaporé e avenida Balaiadas

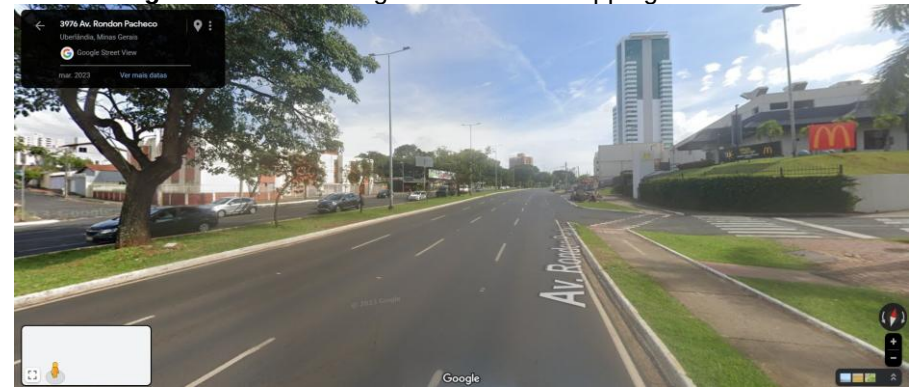
Fonte: Google Street View.

Figura 5 – Imagem aérea da região do center shopping Uberlândia



Fonte: Google Street View

Figura 6 – Vias da região do center shopping Uberlândia



Fonte: Google Street View.

APÊNDICE B – Unidades do CBMMG em Uberlândia

Figura 1 – Unidades do CBMMG em Uberlândia sobre o mapa de calor acumulado do triênio

