

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, GEOCIÊNCIA E SAÚDE COLETIVA
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

CAIO COUTINHO DE QUEIROZ

CLASSIFICAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DIGITAL DA REDE VIÁRIA URBANA DE
MONTE CARMELO/MG

Monte Carmelo

2025

CAIO COUTINHO DE QUEIROZ

CLASSIFICAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DIGITAL DA REDE VIÁRIA URBANA DE
MONTE CARMELO/MG

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho
de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia
de Agrimensura e Cartográfica da Universidade
Federal de Uberlândia.

Orientadora: Prof. Dra. Luziane Ribeiro Indjai

Coorientadora: Prof. Dra. Luciany Oliveira Seabra

Monte Carmelo

2025

CAIO COUTINHO DE QUEIROZ

CLASSIFICAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DIGITAL DA REDE VIÁRIA URBANA DE
MONTE CARMELO/MG

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho
de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia
de Agrimensura e Cartográfica da Universidade
Federal de Uberlândia.

Monte Carmelo, 26 de setembro de 2025

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Luziane Ribeiro Indjai, IGESC/UFU
(Orientadora)

Prof. Dra. Luciany Oliveira Seabra, FECIV/UFU
(Coorientadora)

Prof. Dr. Pedro Eduardo Ribeiro de Toledo, IGESC/UFU
(Membro)

Monte Carmelo
2025

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, meu irmão e familiares, cuja presença e apoio foram essenciais em cada passo desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

A caminhada até a conclusão deste curso foi repleta de desafios, aprendizados e muito empenho. Por isso, não poderia deixar de expressar minha sincera gratidão a todos que, de alguma forma, tornaram este momento possível.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela força, saúde e determinação que me sustentaram ao longo dessa jornada.

Sou imensamente grato aos meus pais, ao meu irmão e a toda minha família, pelo apoio incondicional, pelas palavras de incentivo, pela paciência nos momentos mais difíceis e por sempre acreditarem em mim.

Às minhas orientadoras, Prof.^a Dra. Luziane Ribeiro Indjai e Prof.^a Dra. Luciany Oliveira Seabra, deixo um agradecimento especial pela sabedoria, dedicação e disponibilidade, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Estendo minha gratidão também a todos os professores do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartografia, que contribuíram de maneira significativa para minha formação.

Aos colegas de faculdade, agradeço pela parceria e pelos momentos inesquecíveis que marcaram essa etapa tão importante da minha vida.

Por fim, mas com igual importância, agradeço à Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, pela oportunidade de crescer não apenas como profissional, mas também como pessoa.

RESUMO

O trabalho teve como objetivo estruturar digitalmente a rede viária urbana de Monte Carmelo/MG, utilizando técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG, a fim de subsidiar o planejamento urbano e promover maior eficiência na mobilidade local. A metodologia adotada envolveu a coleta e processamento de dados topográficos (altitude e declividade) a partir do Copernicus DEM; a estruturação da rede viária com base nos dados do OpenStreetMap e do IBGE; a distribuição territorial da população urbana através dos dados do Censo Demográfico do ano de 2022; a categorização dos logradouros e da pavimentação; a análise das larguras das vias conforme as legislações municipais; a hierarquização funcional do sistema viário seguindo as diretrizes do DNIT e a realização de contagem volumétrica de veículos em um ponto estratégico. Os resultados mostraram que a cidade apresenta relevo predominantemente plano, concentração demográfica significativa na zona leste e predominância de vias locais com largura entre 7 e 12 metros, além de grande parte da malha pavimentada. A contagem volumétrica evidenciou que os maiores fluxos de veículos ocorrem nos horários de entrada e saída escolares, com fator horário de pico variando entre 0,57 e 0,88, o que demonstra tanto períodos de fluxo constante quanto concentrações agudas de tráfego. Concluiu-se que a integração de variáveis físicas, estruturais, funcionais e sociais em ambiente SIG é eficaz para compreender a dinâmica urbana e propor soluções mais adequadas para a mobilidade.

Palavras-chave: Rede viária urbana; Mobilidade urbana; Geoprocessamento; Planejamento urbano; Monte Carmelo-MG.

ABSTRACT

The objective of this study was to digitally model the urban road network of Monte Carmelo, Minas Gerais, using geoprocessing techniques in a GIS environment, in order to support urban planning and promote greater efficiency in local mobility. The methodology involved the collection and processing of topographic data (elevation and slope) from the Copernicus DEM; the structuring of the road network based on data from OpenStreetMap and IBGE; the spatial distribution of the urban population using data from the 2022 Demographic Census; the categorization of streets and pavement conditions; the analysis of road widths in accordance with municipal legislation; the functional hierarchy of the road system following DNIT guidelines; and traffic volume counts at a strategic point. The results indicated that the city has a predominantly flat terrain, a significant demographic concentration in the eastern zone, and a predominance of local roads with widths ranging from 7 to 12 meters, in addition to most of the road network being paved. The traffic counts showed that the highest vehicle flows occur during school arrival and departure times, with a Peak Hour Factor (PHF) ranging from 0.57 to 0.88, which demonstrates both periods of constant flow and acute traffic concentrations. It was concluded that the integration of physical, structural, functional, and social factors in a GIS environment is effective for understanding urban dynamics and proposing more appropriate mobility solutions.

Keywords: Urban road network; Urban mobility; Geoprocessing; Urban planning; Monte Carmelo-MG.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma de trabalho.	19
Figura 2: Mapa de localização da área de estudo.	20
Figura 3: Reclassificação da declividade.....	22
Figura 4: Definição das larguras das vias do município de Monte Carmelo-MG.....	26
Figura 5: Expressão condicional para ajustar as nomenclaturas.	27
Figura 6: Localização da contagem volumétrica de veículos.....	28
Figura 7: Registro da prancheta com os contadores manuais.....	29
Figura 8: Mapa hipsométrico da área urbana.	31
Figura 9: Mapa da declividade da área urbana.	32
Figura 10: Mapa da distribuição espacial dos bairros na área urbana.	33
Figura 11: Mapa da área e da distribuição dos equipamentos urbanos.	34
Figura 12: Mapa da distribuição territorial da população urbana.....	35
Figura 13: Mapa da classificação dos tipos de logradouros.	36
Figura 14: Mapa da classificação da pavimentação viária urbana.	37
Figura 15: Mapa da variabilidade da largura das vias urbana.	38
Figura 16: Mapa da classificação e hierarquização funcional viária urbana.	39
Figura 17: Gráfico do volume de tráfego.	41
Figura 18: Gráfico do total de veículos e Fator Hora Pico (FHP) por período.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de vias urbanas quanto à declividade.	21
Tabela 2: Contagem volumétrica de veículos.	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
E.E.	Escola Estadual
FHP	Fator Hora Pico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital de Terreno
MG	Minas Gerais
OSM	OpenStreetMap
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UTM	Universal Transverse de Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVO	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3 JUSTIFICATIVA	15
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1 Sistema Viário Urbano.....	16
4.2 Mobilidade Urbana.....	16
4.3 Sistemas de Informação Geográfica.....	17
5 METODOLOGIA.....	19
5.1 Área de Estudo	20
5.2 Material e Métodos	21
5.2.1 Fatores topográficos.....	21
5.2.2 Estruturação da rede viária.....	22
5.2.3 Distribuição territorial da população urbana.....	24
5.2.4 Classificação dos tipos de logradouros e da pavimentação	25
5.2.5 Larguras das vias urbanas	26
5.2.6 Classificação e hierarquização funcional da rede viária urbana	27
5.2.7 Contagem volumétrica de veículos	28
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A relação entre cartografia, sistema viário e planejamento urbano é fundamental para o desenvolvimento eficiente e sustentável das cidades. A cartografia fornece a base visual e analítica para entender o território por meio do relevo e de como é feito o uso do solo (Acsehrad, 2008). A infraestrutura viária deve estar em harmonia com a cidade e permitir diagnosticar, planejar e avaliar problemas urbanos (Van Maarseveen et al., 2012).

O conjunto de vias (ruas, avenidas, rodovias) de uma cidade é que permite o deslocamento de pessoas e mercadorias e deve ser planejado pensando no fluxo de tráfego, na acessibilidade, na segurança viária e na integração com outros modais, como ônibus, metrô, ciclovias, inclusive a pé (Alves; Raia Junior, 2009). Ao redor do mundo, há cidades em que os diferentes modais são integrados para trazer maior qualidade de vida à população. Como exemplo, a cidade de Vancouver¹, no Canadá, cujo planejamento urbano é orientado para o transporte público, para os pedestres e para a preservação de áreas naturais. A rede viária é bem distribuída e tem foco na acessibilidade e na sustentabilidade.

No Brasil, a realidade é bastante distinta, sobretudo em cidades médias e pequenas do interior, onde o crescimento urbano geralmente ocorre de forma desordenada e sem planejamento prévio da rede viária. Esse é o caso de Monte Carmelo-MG, que ao longo dos anos apresentou expansão urbana acelerada, com grande concentração de atividades na região central, ocasionando sobrecarga de tráfego e carência na infraestrutura viária.

Diante desse cenário, torna-se fundamental o conhecimento detalhado não apenas da rede viária, mas também de variáveis físicas (altitude, declividade), estruturais (largura das vias, tipo de logradouro, pavimentação), funcionais (hierarquização funcional viária e volume de tráfego) e sociais (distribuição da população). Essa integração de dados espaciais é essencial para subsidiar o planejamento urbano com maior precisão, permitindo decisões mais eficazes e alinhadas às suas reais necessidades.

¹ [How Vancouver Performs Across Urban Mobility Targets](#)

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Estruturar uma base cartográfica do sistema viário urbano do município de Monte Carmelo-MG, aplicado a um Sistema de Informação Geográfica (SIG), para subsidiar ações de planejamento urbano.

2.2 Objetivos Específicos

- Levantar e organizar os dados espaciais para a caracterização da rede viária urbana da cidade de Monte Carmelo-MG.
 - Criar uma base cartográfica da rede viária urbana da cidade.
 - Aplicar técnicas de geoprocessamento para gerar mapas temáticos das vias, como a integração de aspectos físicos, demográficos, estruturais e funcionais.
-

3 JUSTIFICATIVA

A presença de um sistema viário bem estruturado, compreensível e hierarquizado é essencial para o bom funcionamento das cidades. Esse tipo de organização contribui para facilitar a identificação e a clareza dos trajetos e percursos, permitindo que os deslocamentos sejam realizados de forma mais eficiente e segura (Covas, 2010; Formighieri et al., 2017). Além disso, promove uma maior fluidez no tráfego, otimizando o uso das vias e reduzindo o tempo de deslocamento. Como consequência, há uma diminuição significativa dos congestionamentos nas áreas urbanas centrais, o que reflete positivamente na qualidade ambiental, ao reduzir emissões de poluentes e ruídos (Santos, 2024). Um sistema de circulação planejado também assume um papel estratégico na definição de políticas públicas voltadas à mobilidade urbana, sendo fundamental para a gestão eficaz do transporte e do tráfego, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida nas cidades (Santos; Faria, 2024).

De acordo com o DNIT (2010), o primeiro passo no planejamento urbano consiste em classificar as vias segundo suas funções, com o objetivo de estruturar uma hierarquia que facilite os deslocamentos urbanos.

Estima-se que a cidade de Monte Carmelo-MG tem hoje, aproximadamente 49.500 habitantes (IBGE, 2025). A quantidade de veículos em circulação reflete o comportamento e os hábitos da população de um município de pequeno porte, mas que é atrativo para muitos trabalhadores de cidades menores. O trânsito no centro da cidade é intenso e, nos horários de pico, a situação se agrava. Estes horários são caracterizados pelo acesso da população aos postos de trabalho, escolas, unidades bancárias, comércio de bens e serviços e repartições públicas. Dessa forma, essa pesquisa se justifica por dar o pontapé inicial na criação de um banco de dados cartográfico digital da rede viária da mancha urbana.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Sistema Viário Urbano

Os sistemas viários urbanos são regidos pelos Planos Diretores municipais, onde este é obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes. De acordo com o Estatuto da Cidade, Lei Federal nº 10.257 de 2001, o plano diretor assume um papel fundamental nas políticas municipais para as áreas urbanas em expansão (Brasil, 2008).

A estrutura viária é fundamental na moldagem da configuração urbana e na efetividade do planejamento urbano das cidades. Ela não apenas define a maneira como as pessoas e as mercadorias se movem, mas também estabelece os caminhos para os pedestres e a ordem dos espaços onde ocorrem encontros casuais e interações sociais (Acioly; Davidson, 1998).

As vias servem para conectar diferentes partes do território, adquirindo diversos significados e funções baseados em suas características geométricas, atividades marginais e fluxo de pessoas (Covas, 2010). O Código de Trânsito Brasileiro caracteriza a via urbana como espaços públicos de circulação, como ruas, avenidas e vielas, localizados em áreas urbanas, e que são principalmente identificados pela presença de construções ao longo de seu percurso (Brasil, 1997).

O sistema viário compreende então, todas as vias e estruturas, como pontes, viadutos, túneis, interseções e rotatórias, projetadas para a circulação de veículos e/ou pedestres, constituindo, dessa forma, uma infraestrutura física essencial para o fluxo de tráfego de veículos e a locomoção de pedestres.

4.2 Mobilidade Urbana

Mobilidade urbana se refere à maneira como as pessoas se locomovem dentro do ambiente urbano, ou seja, é a dinâmica de deslocamento das pessoas nas áreas urbanas. Transcende o simples ato de locomoção; é o resultado da interação entre deslocamento, indivíduos e mercadorias com o ambiente urbano.

A Lei nº 12.587/12, que rege a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), define como a “condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano” (Brasil, 2012).

Born (2011, p. 155) afirma que:

A mobilidade urbana é um atributo associado às pessoas e aos bens, correspondente às diferentes respostas dadas por indivíduos e agentes econômicos às suas necessidades de deslocamento, consideradas as dimensões do espaço urbano e a complexidade das atividades neles desenvolvidas. [...]. É o resultado da interação entre os deslocamentos de pessoas e bens com a cidade e a disponibilidade de meios (automóveis, ônibus, metrô, bicicletas, pedestres etc.) e infraestrutura adequados para os deslocamentos intraurbanos (Born, 2011, p. 155).

Segundo Alves e Raia Junior (2009), os principais desafios enfrentados nas áreas urbanas em relação à mobilidade incluem:

- ✓ Congestionamentos de tráfego;
- ✓ Conflitos entre diversos modos de transporte;
- ✓ Diminuição da segurança para pedestres;
- ✓ Redução de áreas verdes para ampliação de vias e estacionamentos;
- ✓ Aumento de acidentes de trânsito;
- ✓ Crescimento dos níveis de poluição do ar e sonora.

Na análise da geografia urbana, o deslocamento nas cidades é estudado e compreendido através de um modelo conceitual que une a mobilidade urbana, que se refere aos grupos de pessoas e seus movimentos; à rede, que é a infraestrutura que direciona esses movimentos no espaço e no tempo; e aos fluxos, que são as grandes decisões ou fatores que guiam o processo no espaço (Raia Junior, 2000). São esses três componentes mencionados que irão definir as características da mobilidade urbana. No entanto, é importante ressaltar que esses processos podem variar significativamente de uma cidade para outra, em virtude das particularidades das dinâmicas urbanas específicas de cada localidade. Portanto, ao analisar a mobilidade urbana, é essencial levar em consideração essas diferenças.

4.3 Sistemas de Informação Geográfica

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema computacional de gerenciamento de banco de dados destinados à aquisição, armazenamento, recuperação, análise e representação de dados espaciais (Lewis, 1990).

Para Borges (2021), um SIG pode ser descrito como um sistema projetado para coletar, processar, armazenar e apresentar dados georreferenciados e alfanuméricos, permitindo a

realização de análises espaciais que auxiliam na tomada de decisões relacionadas ao espaço, incorporando várias tecnologias.

A base de dados geográficos pode ser compreendida como um conjunto de informações que envolve a entrada, processamento e saída de dados, fornecendo os elementos necessários para que um sistema de gerenciamento de banco de dados possa recuperar e transformar esses dados em informações úteis (De Moura et al., 2009). Ainda segundo o autor anterior, a criação da base de dados é frequentemente considerada a etapa mais crucial no processo de análise em SIG, e a escolha do método adequado depende dos objetivos do projeto e de sua aplicação. Vale ressaltar que a qualidade dos dados originais e a precisão da técnica empregada desempenham um papel crucial na determinação do nível de qualidade dos resultados.

Os SIG abrangem uma ampla variedade de dados e aplicações em diversas áreas do conhecimento. Isso inclui otimização do tráfego, manutenção de registros de propriedades, gestão de serviços públicos, estudos demográficos, cartografia, administração de recursos naturais, monitoramento de zonas costeiras, controle de surtos epidêmicos e planejamento urbano, entre outros (Câmara et al., 1996).

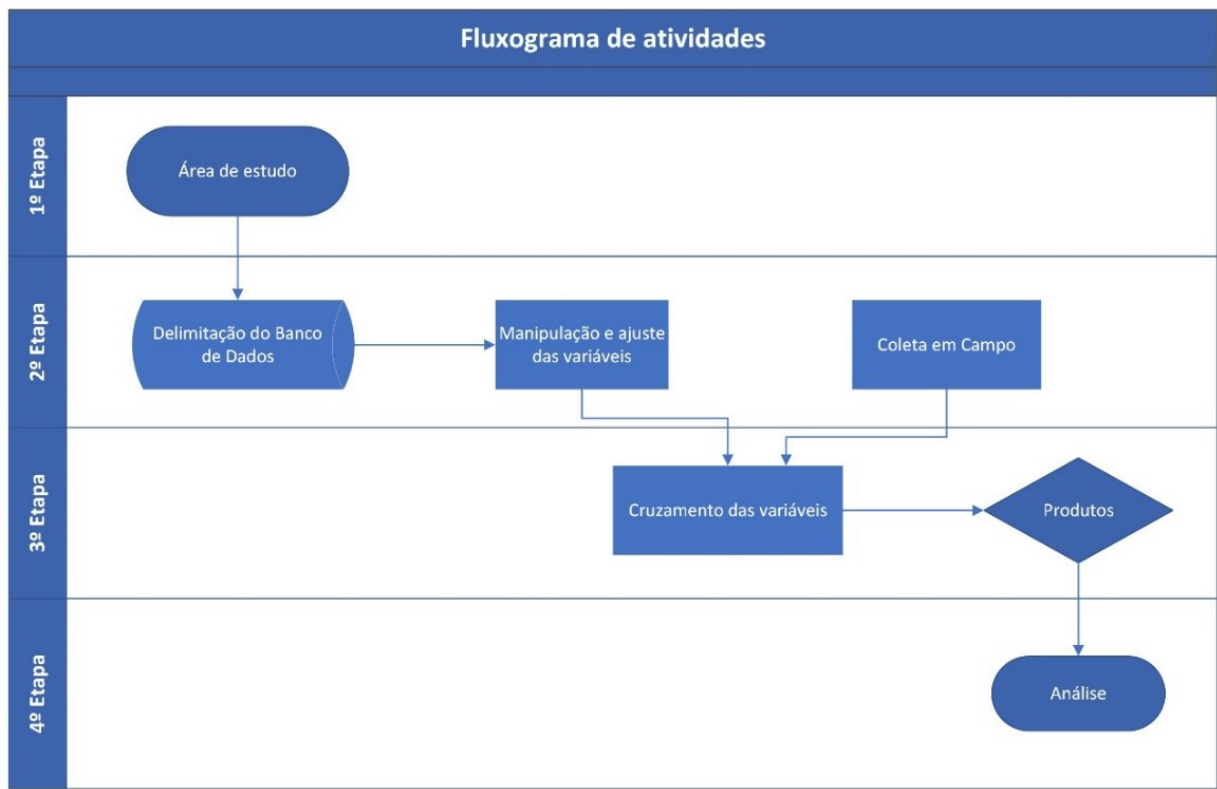
Essa ferramenta possibilita a realização de estudos e pesquisas na área de transportes, contribuindo para o planejamento e o monitoramento do sistema viário e de transporte coletivo, para a simulação de rotas de coleta/distribuição, e para o rastreamento dinâmico de veículos (De Moura et al., 2009).

Dentro de um SIG, as representações espaciais, segundo Rose (2001), podem assumir a forma de dados matriciais (*raster*) ou vetoriais. Por meio do uso de um modelo vetorial, contribuem para a resolução de problemas de transporte ao modelar o sistema viário como uma estrutura em rede (De Moura et al., 2009).

5 METODOLOGIA

As etapas que definiram os métodos de trabalho seguidos nesta pesquisa estão sintetizadas na Figura 1.

Figura 1: Fluxograma de trabalho.

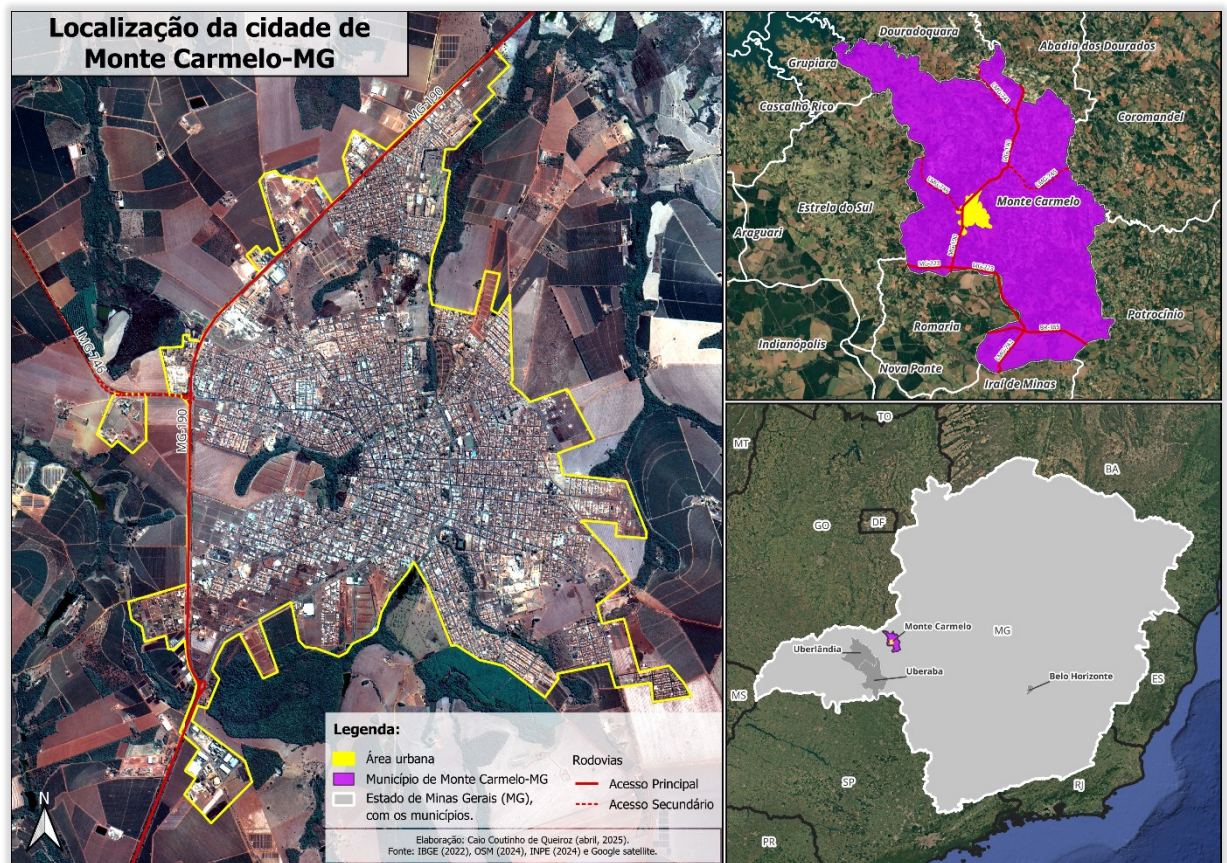


Fonte: Autor.

5.1 Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho consiste na mancha urbana da cidade de Monte Carmelo, localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. Segundo o IBGE Cidades, a população conforme o último censo (ano de 2022) é de 47.692 habitantes, densidade demográfica 35,51 hab/km² e índice de desenvolvimento humano de 0,728 (2010). Destaca-se pela produção de café, tendo sido um dos maiores polos cerâmicos do Brasil há algumas décadas. É recortada pelas rodovias estaduais MG-190 e MG-223.

Figura 2: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autor.

5.2 Material e Métodos

A seção de "Material e Métodos" descreve detalhadamente a obtenção dos dados, softwares utilizados e os processos empregados para alcançar os resultados.

5.2.1 Fatores topográficos

A hipsometria e a declividade foram obtidas a partir do Modelo Digital de Superfície (MDS) disponibilizado pelo programa *Copernicus DEM*, da Agência Espacial Europeia (ESA). Os dados foram acessados por meio do complemento *Open Topography* no software QGIS. Utilizou-se a versão gratuita GLO-30 (também chamada COP-30), que significa cobertura global, com 30 metros de resolução espacial, no formato *Defence Gridded Elevation Data (DGED)*. Os dados foram acessados em 27 de março de 2025.

Este MDS foi desenvolvido a partir de dados obtidos por interferometria com radar de abertura sintética (InSAR) na banda X, coletados durante as missões TanDEM-X e TerraSAR-X entre 2011 e 2015. Seu financiamento foi resultado de uma colaboração público-privada envolvendo o governo alemão, representado pela Agência Espacial Alemã (DLR), e a Airbus Defence and Space.

Esse produto se destaca pela alta precisão vertical, com erro absoluto inferior a 4 metros e erro relativo inferior a 2 metros para áreas com declives menores ou iguais a 20% e inferior a 4 metros para áreas com declives superiores a 20% (ESA, 2021).

Após a aquisição da imagem, gerou-se, por meio da ferramenta *Raster*, a hipsometria com sombreamento destacando as altitudes e também a declividade, expressa em porcentagem.

Diante disso, utilizou-se a ferramenta '*Reclassificar por tabela*' para reclassificar a banda da imagem (*raster*) da declividade, atribuindo novos valores (tabela 1) de classe com base nos intervalos especificados pela AASHTO (2001), adaptado por Cunha Filho (2023), em relação aos parâmetros definidos para classificação de vias urbanas.

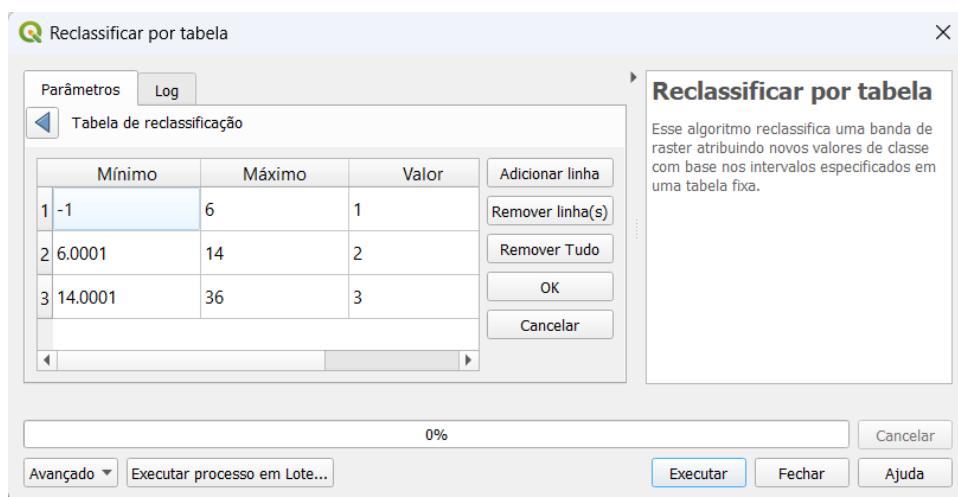
Tabela 1: Classificação de vias urbanas quanto à declividade.

Classe	Baixa	Intermediária	Elevada
Declividade	$\leq 6\%$	$6\% - 14\%$	$\geq 14\%$

Fonte: adaptado de Cunha Filho (2023).

Os valores de declividade da imagem original variaram de 0 a 35%. No entanto, ao realizar a reclassificação, foi considerado um intervalo ajustado de -1% a 36% (figura 3), para garantir que todos os valores fossem adequadamente representados dentro dos limites mínimos e máximos.

Figura 3: Reclassificação da declividade.



Fonte: Autor.

5.2.2 Estruturação da rede viária

Para a estruturação da rede viária urbana da cidade de Monte Carmelo-MG foi utilizada a base de dados vetoriais do *OpenStreetMap (OSM)*, adquirido através do complemento *QuickOSM*, no software QGIS. Estes dados estão disponíveis sob a licença de base de dados aberto e foram acessados em 10 de outubro de 2024.

Esses dados fornecem diversas informações, como linha de transmissão de energia, vias urbanas e rurais, ferrovias, hidrovias, entre outras. No entanto, foram filtradas apenas as vias da área urbana do município. Também foram realizadas alterações e atualizações no arquivo vetorial que são do tipo linha simples, para que este atendesse às necessidades do estudo em questão. Com o objetivo de separar as linhas em trechos individuais, utilizou-se a ferramenta '*Explodir linhas*' para dividi-las nas interseções. Em seguida, realizou-se a correção, mesclando partes em comum com o auxílio da ferramenta de vetorização avançada.

Após isso, eliminaram-se os campos “*old_name*”, “*alt_name*”, “*ref*” e “*IBGE_CD_AD*” da tabela de atributos, por não serem úteis ao escopo do estudo. Os campos “*junction*” (conexão), “*oneway*” (vias de mão simples), “*bridge*” (pontes), “*surface*”

(pavimentação) e “*name*” (nomes), foram complementados e atualizados baseado nos dados da Base de Faces de Logradouros do Brasil de 2022, este disponibilizado pelo IBGE; pelo conhecimento do autor, morador da cidade; e pelo conjunto de imagens da ferramenta *QuickMapServices*. O campo “*Highway*” permaneceu sem nenhuma alteração. Diante disso, foram criados os seguintes campos:

- Identificação (“*ID*”): recebeu valores únicos para cada feição, utilizando a expressão ‘@id’ na calculadora de campo;
- Código do Setor (“*CD_Setor*”): geocódigo do setor da malha de setores censitário preliminares, conforme definido pelo IBGE (2022);
- Tipo de logradouro (“*tipo_logra*”): armazena valores como rua, avenida, cruzamento, acesso, rodovia, estrada e retorno;
- Coordenadas UTM (E, N): correspondem às coordenadas iniciais (“*E_inicio*”, “*N_inicio*”) e finais (“*E_fim*”, “*N_fim*”) de cada trecho da rede viária. Essas coordenadas foram extraídas de um arquivo vetorial do tipo ponto, gerado por meio da ferramenta ‘*Extrair vértices*’ aplicada ao arquivo vetorial da rede viária. Após a criação dos pontos, os cálculos foram realizados na calculadora de campo utilizando as expressões ‘\$X’ e ‘\$Y’, e, por fim, incluídos nos campos da rede viária;
- Comprimento das vias (“*Comp_m*”): a expressão ‘\$Length’ foi utilizada na calculadora de campo para mensurar os valores em metros;
- Declividade (“*Decl_recla*”): recebeu valores da declividade reclassificada. Para isso, converteu-se a imagem em polígonos (vetores) utilizando a ferramenta ‘*Raster*’. Depois, aplicou-se a ferramenta ‘*Associar atributos por localização*’, com o tipo de união ‘*um a um*’, considerando os atributos da feição com maior sobreposição.

Após, realizou-se a reorganização dos campos através da ferramenta ‘*Unir atributos pelo valor do campo*’ de modo que os dados ficassem melhor representados. Para isso acontecer foi necessário duplicar o arquivo vetorial da rede viária, e em um deles apagar todos os campos, exceto o campo ID, sendo este o campo de união entre eles. Essa etapa ocorreu pois não é possível salvar permanentemente a reorganização dos campos da tabela de atributos, já que a

estrutura dos arquivos espaciais, como *Shapefiles*, é fixa, as alterações são apenas visuais na interface do software e o formato *.dbf* não permite reordenação nativa dos atributos.

Em seguida, complementou-se os dados com o arquivo vetorial da delimitação dos bairros obtida através de uma ortofoto datada em 2019, fruto do trabalho realizado por Santos (2022), em que detalha a base cadastral da cidade de Monte Carmelo-MG integrando dados de imagens aéreas e terrestres. Esses dados vetoriais passaram por manipulação manual para fins de atualização, com base nos endereços consultados no aplicativo Google Maps, complementado pelo conhecimento prévio do autor, residente na cidade. Vale ressaltar que a delimitação dos bairros não está contida no Plano Diretor nem na lei de Parcelamento do Solo Urbano do município, em razão disso, pode haver algumas divergências com a realidade.

Por fim, foi gerado um arquivo vetorial do tipo ponto, contendo informações sobre as localizações de espaços públicos, como prefeitura, postos de saúde, escolas, praças, igrejas e instalações esportivas, como quadras e ginásios. Esses locais, que permaneceram por longos períodos no mesmo endereço, foram incluídos no arquivo como forma de espacializar os dados contidos na rede viária. Ou seja, esses pontos servem para representar, de forma geográfica, a infraestrutura urbana fixa da cidade, facilitando análises e estudos sobre sua organização territorial.

Dessa forma, essa fase envolveu a compilação de todas as informações apresentadas até o momento, resultando na elaboração da base cartográfica da rede viária urbana para os processos de classificação, representação da área urbana e da distribuição dos bairros da cidade de Monte Carmelo-MG.

5.2.3 Distribuição territorial da população urbana

Para representar a distribuição territorial da população urbana, foi utilizada a Malha de Setores Censitários e os dados preliminares do Censo Demográfico de 2022, obtidos junto ao IBGE. A malha de setores censitários foi adquirida em formato *shapefile* para o estado de Minas Gerais-MG. Já os dados do censo demográfico foram obtidos em formato de tabela (*csv*), agregando informações preliminares sobre população e domicílios. Esses dados foram acessados em 19 de setembro de 2024.

Utilizando o software QGIS, tratou-se esses dados para representá-los em produtos cartográficos. Para isso, realizou-se a união dos dados pelo código do setor e filtrou-se o município de Monte Carmelo-MG e sua área urbana, de modo que compreendesse somente a região de interesse. Como os dados não contêm informações de cada localidade (área urbana,

área rural, distritos etc.), a classificação foi efetuada pelo autor. Nos arquivos vetoriais da malha de setores, que agora incluem informações do censo demográfico, foram calculadas as áreas das feições em quilômetro quadrado (km²) através da calculadora de campo e, em seguida, a densidade populacional (habitantes por quilômetro quadrado). Onde a fórmula utilizada foi:

$$\text{Densidade Populacional (hab/km}^2\text{)} = \text{Total de pessoas (hab)} / \text{Área (km}^2\text{)}$$

Diante disso, a classificação da densidade populacional foi realizada através do método estatístico Quartil, separando os dados em cinco classes distintas, proporcionando uma análise detalhada das variações demográficas na área de estudo.

Por fim, com o objetivo de facilitar a espacialização e a localização dos dados no mapeamento, o autor delimitou cinco regiões: zona norte, zona sul, zona leste, zona oeste e centro. Isso ocorreu porque essas regiões não estavam previstas no Plano Diretor nem na lei de Parcelamento do Solo Urbano do município.

5.2.4 Classificação dos tipos de logradouros e da pavimentação

As classificações dos tipos de logradouros e da pavimentação viária da cidade de Monte Carmelo-MG foram categorizadas através dos valores dos campos “*tipo_logra*” e “*surface*”, respectivamente. Esses dados foram obtidos conforme mencionado no item 5.2.2.

Os logradouros foram agrupados em três categorias de valores: Rua, Avenida e Rodovia. Dessa forma, é possível analisar sua distribuição espacial e a forma como se interligam.

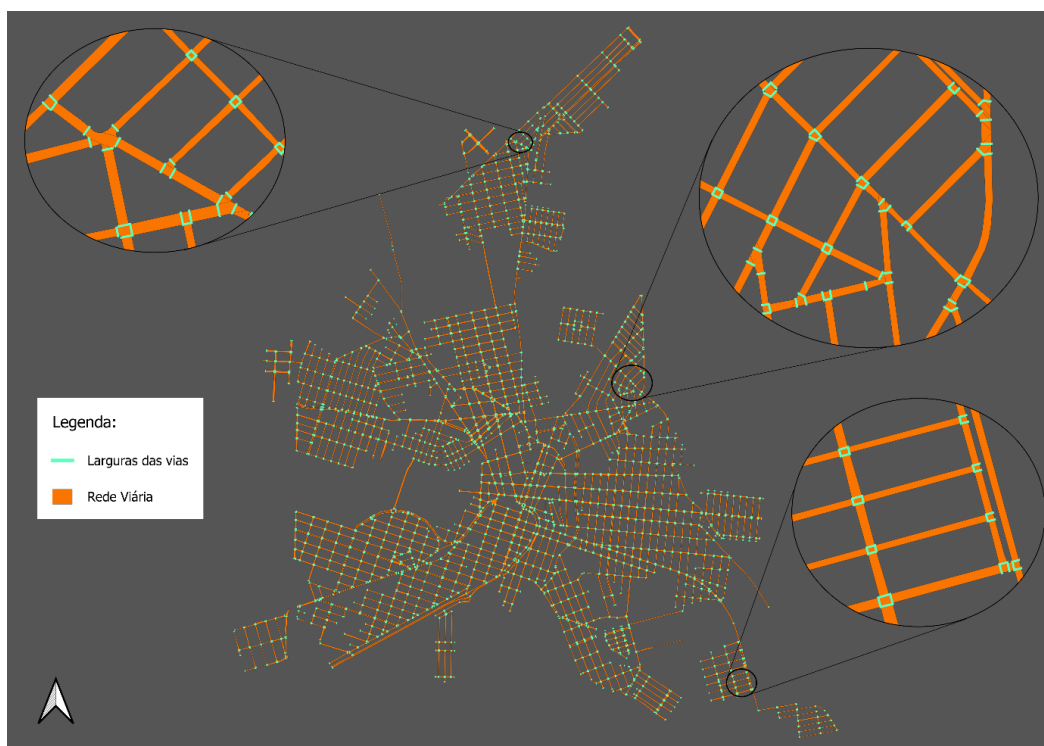
Quanto à pavimentação, as vias foram classificadas em pavimentadas e não pavimentadas, de acordo com o tipo de revestimento presente. Essa distinção é fundamental para a análise da infraestrutura urbana, planejamento de mobilidade e identificação de áreas que demandam investimentos em melhorias viárias. Entretanto, as vias pavimentadas não foram analisadas qualitativamente quanto à condição.

Essas duas classificações viabilizam diagnósticos mais precisos quanto à qualidade e funcionalidade do sistema viário, auxiliando na definição de políticas públicas e estratégias de desenvolvimento urbano.

5.2.5 Larguras das vias urbanas

Para a obtenção das larguras das vias, utilizou-se o software QGIS, que, por meio da ferramenta de vetorização avançada, calculou a variabilidade das larguras mediante a criação de linhas perpendiculares (em verde) nas interseções das vias vetorizadas (em laranja) por Cunha Filho (2023), como é mostrado na figura 4 abaixo. Após a criação dessas linhas, as larguras foram calculadas em metros utilizando a calculadora de campo com a expressão *'\$Length'*.

Figura 4: Definição das larguras das vias do município de Monte Carmelo-MG.



Fonte: Autor.

Posteriormente, os resultados das larguras foram incorporados à tabela de atributos do arquivo vetorial da rede viária (citado no item 5.2.2), como larguras iniciais, finais e médias de cada trecho das vias, permitindo sua classificação.

A classificação das larguras das vias ocorreu por meio dos valores das médias, que correspondem aos valores médios entre as larguras iniciais e finais. Os critérios utilizados foram a metragem da pista de rolamento, obtidos através dos parâmetros de dimensionamento do sistema viário para novos loteamentos, especificados nas Leis municipais nº 11 de 10 de outubro de 2006, que institui o Plano Diretor, e Lei nº 1.388 de 23 de agosto de 2017, que dispõe

sobre o Parcelamento do Solo Urbano, ambas do município de Monte Carmelo-MG. Que sugerem as seguintes metragens: vias arteriais 17 metros, coletoras 12 metros e locais 7 metros.

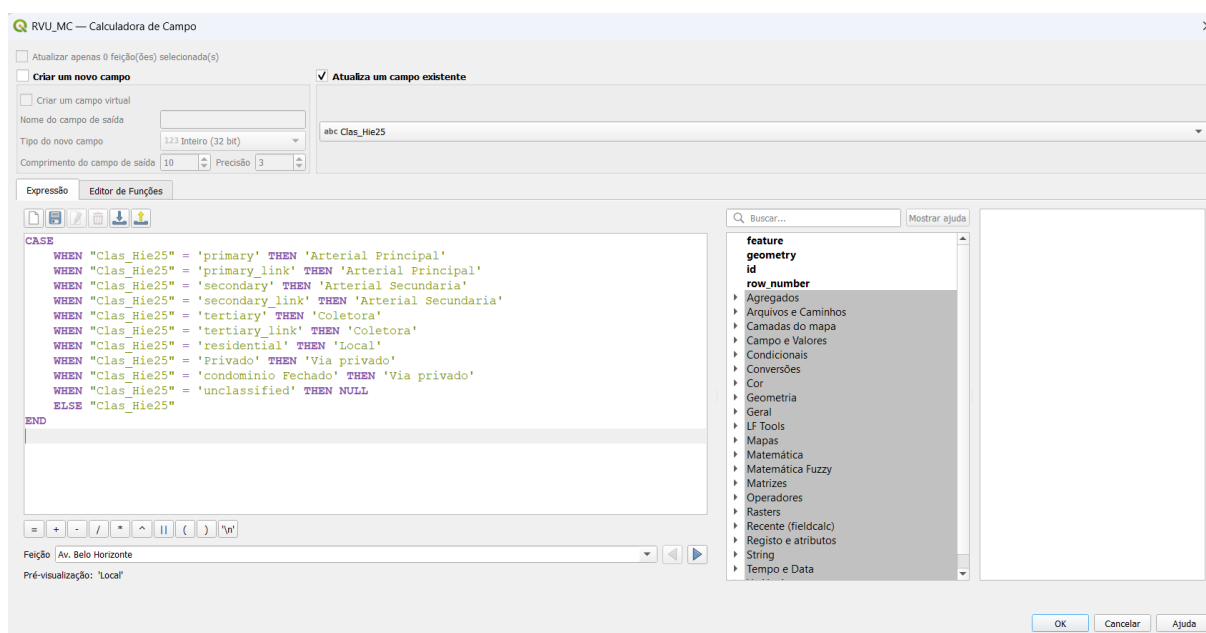
Como se obteve valores variados e a maioria das vias da cidade já estavam consolidadas há muito tempo antes das mencionadas leis, realizou-se uma adaptação aos valores sugeridos.

Com isso, categorizou-se em três classes distintas, sendo: igual ou superior a 12 metros (≥ 12 m); entre 7,01 metros e 11,99 metros ($7,01 \text{ m} \leq \text{largura} \leq 11,99 \text{ m}$); e igual ou inferior a 7 metros (≤ 7 m).

5.2.6 Classificação e hierarquização funcional da rede viária urbana

A classificação e hierarquização funcional da rede viária urbana da cidade foi estruturada com base nos dados do OSM, utilizando os valores atribuídos à variável “*Highway*”. No entanto, a nomenclatura em inglês britânico gerou certa confusão. Para solucionar isso, acrescentou-se no arquivo vetorial da rede viária (citado no item 5.2.2) o campo “*Clas_Hie25*”, onde se transcreveu os valores do campo “*Highway*” por meio da calculadora de campo. Em seguida, aplicou-se uma expressão condicional (figura 5) para ajustar as nomenclaturas dos sistemas funcionais em áreas urbanas, seguindo as diretrizes do DNIT (2010), conforme estabelecido no Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas.

Figura 5: Expressão condicional para ajustar as nomenclaturas.



Fonte: Autor.

Logo após, analisando as nomenclaturas dos sistemas funcionais com os tipos de logradouros, observou-se que havia vias que distribuem o tráfego e interligam os bairros classificadas como locais, estas foram ajustadas manualmente para vias coletoras.

5.2.7 Contagem volumétrica de veículos

A contagem volumétrica de veículos foi realizada em 20 de março de 2024 no trecho da rua Alferes Euzébio (figura 6), entre a E.E. Dona Sindá e E.E. Professor Vicente Lopes Perez (Polivalente), localizado no Centro da cidade de Monte Carmelo, Minas Gerais. Esse local foi escolhido devido ao intenso tráfego de automóveis nos períodos matutino e vespertino, especialmente nos horários de entrada e saída de alunos nas escolas ali próximas, o que frequentemente resultava em engarrafamentos.

Figura 6: Localização da contagem volumétrica de veículos.



Fonte: Google Earth.

A contagem ocorreu em quatro períodos de uma hora, divididos em 15 minutos. A primeira contagem foi realizada durante o horário de entrada dos alunos nas escolas, aproximadamente das 6h40 às 7h40, e a segunda no horário de saída das 10h50 às 11h50. A

terceira foi feita durante a entrada do período da tarde, das 12h50 às 13h50, e por fim, a última contagem aconteceu na saída, das 16h50 às 17h50.

Os veículos analisados foram bicicletas, carros, caminhões, motocicletas, ônibus e outros (como carroças, tratores, bicicletas e patinetes elétricos).

Para tal, foram utilizadas duas pranchetas contendo quatro contadores manuais mecânicos cada, como ilustrado na figura 7 abaixo. Coletou-se dados de três tipos diferentes de veículos em cada prancheta. O tempo de execução foi medido utilizando o cronômetro do aplicativo ‘Relógio’ no aparelho celular.

Figura 7: Registro da prancheta com os contadores manuais.



Fonte: Autor.

Diante disso, foi utilizado o software Microsoft Excel para tabulação dos dados coletados, cálculos e geração de gráficos.

Foi calculado o Fator Horário de Pico (FHP) que mede a variação do fluxo de veículos ao longo de uma hora e indica o grau de uniformidade do tráfego. Segundo o DNIT (2010), o FHP pode ser calculado por meio da seguinte fórmula:

$$FHP = \frac{V_{hp}}{4 \times V_{15 \text{ máx}}}$$

Onde:

FHP = fator horário de pico (volumes de veículos por hora);

V_{hp} = volume da hora de pico;

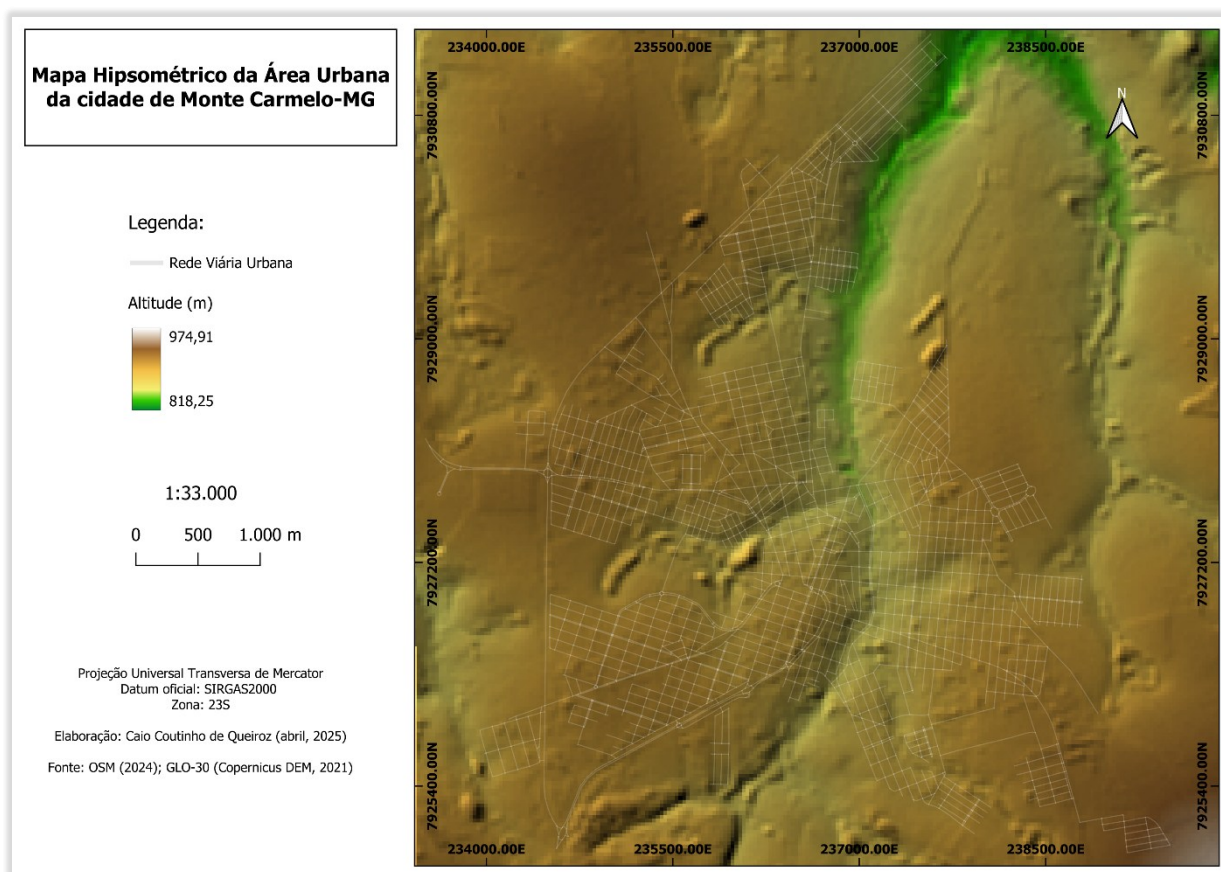
V_{15máx} = volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico.

Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (2010), o FHP é um indicador essencial nos estudos de capacidade viária, sendo calculado com base em intervalos de 15 minutos para evitar distorções no dimensionamento das vias. Intervalos menores podem levar ao superdimensionamento, resultando em capacidade excessiva, enquanto intervalos maiores podem causar subdimensionamento, gerando períodos de saturação no tráfego (DNIT, 2010).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro mapeamento a ser analisado é o hipsométrico, que indica a variação das altitudes no município de Monte Carmelo-MG, conforme é ilustrado na figura 8 abaixo.

Figura 8: Mapa hipsométrico da área urbana.

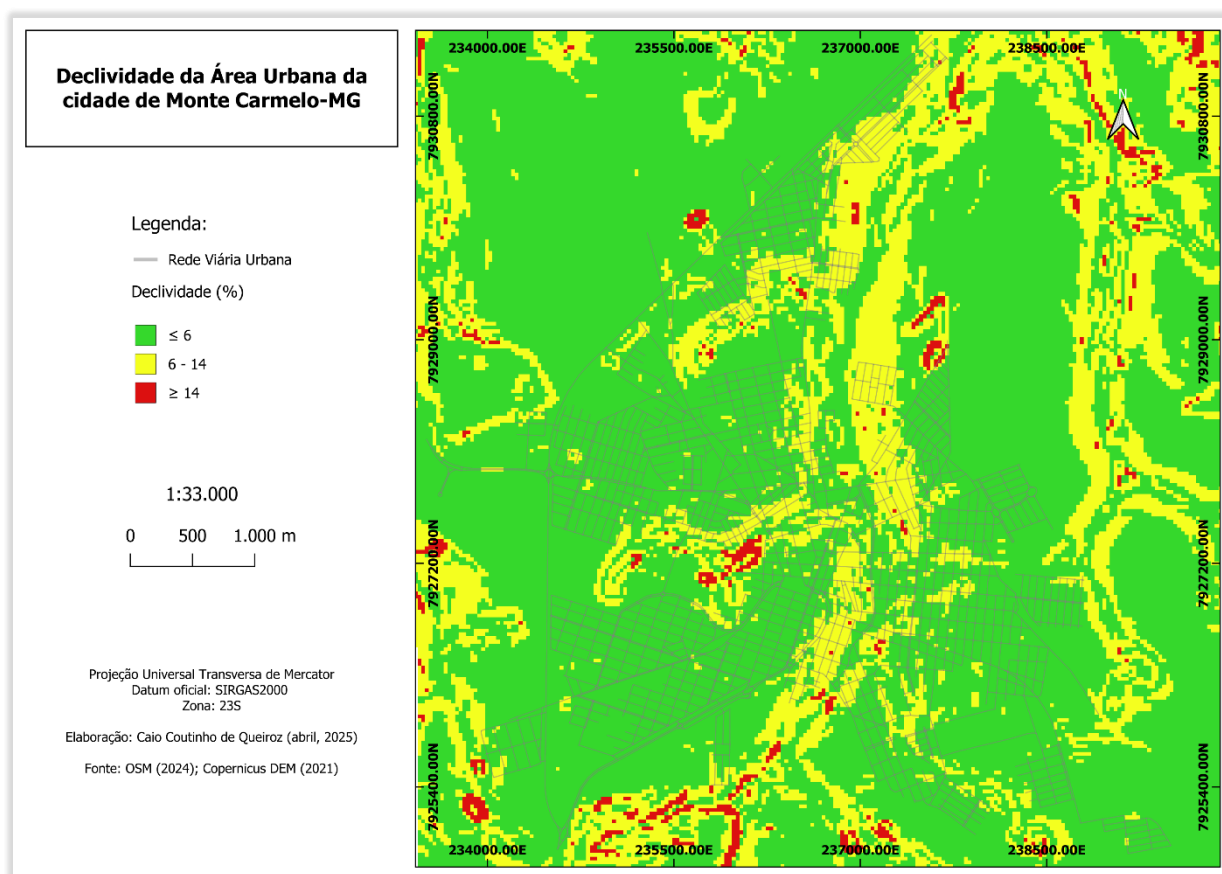


Fonte: Autor.

No mapeamento acima, percebe-se que as altitudes variam entre aproximadamente 818 a 974 metros. As menores altitudes concentram-se ao redor dos córregos, sendo o Córrego Mumbuca o de maior extensão, seguindo a direção norte-sul.

Na figura 9 abaixo, está representada a declividade do terreno, conforme os parâmetros estabelecidos para classificação de vias urbanas.

Figura 9: Mapa da declividade da área urbana.



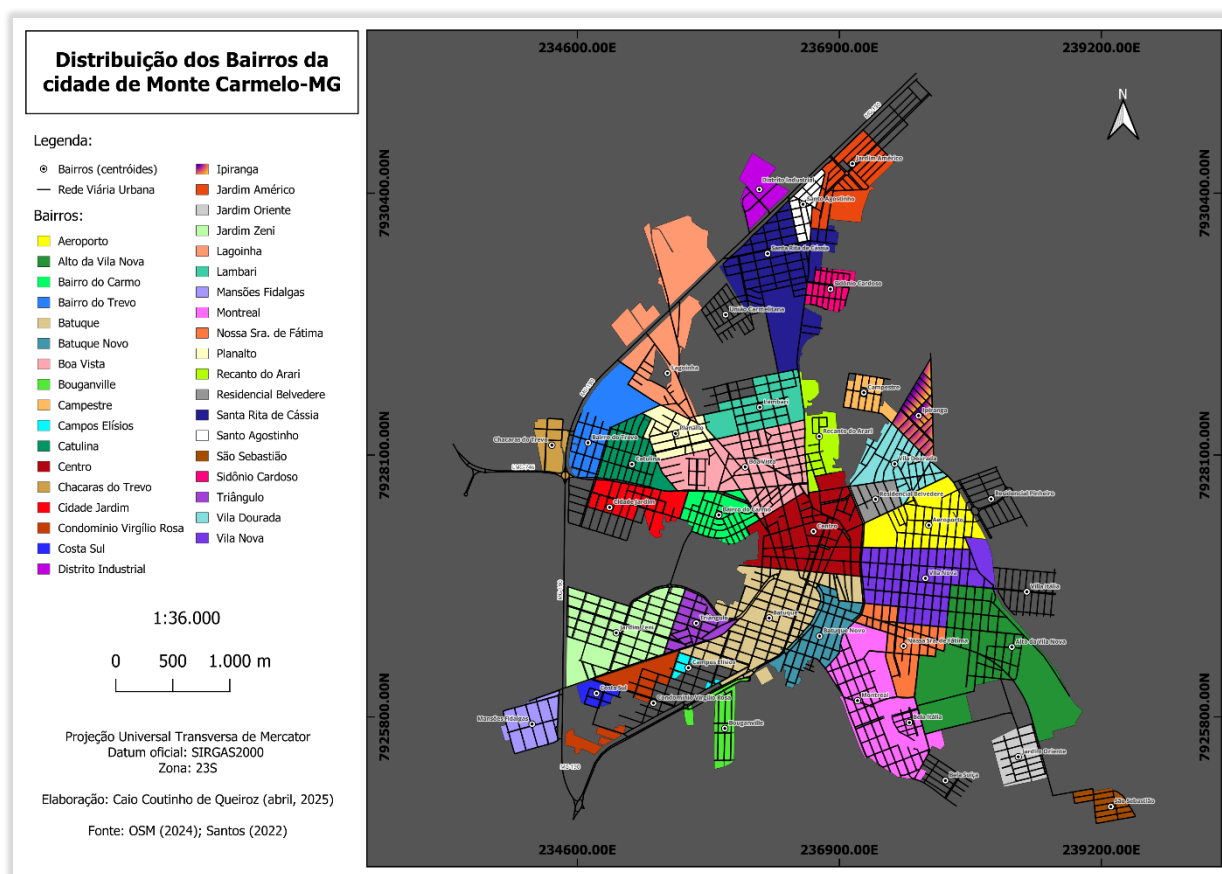
Fonte: Autor.

O mapa de declividade do município apresenta variações que podem ser classificadas como baixas ($\leq 6\%$), intermediárias (6% a 14%) e elevadas ($\geq 14\%$). Além disso, observa-se que a maior parte do perímetro urbano possui uma declividade pouco acentuada, predominando características de um terreno mais plano.

Os mapas hipsométrico e de declividade representam fatores topográficos naturais, mostrando características físicas do terreno sem interferência humana direta.

Na figura 10 é apresentada a divisão territorial dos bairros urbanos da cidade de Monte Carmelo-MG, destacando a delimitação espacial de cada bairro e a rede viária que os conecta.

Figura 10: Mapa da distribuição espacial dos bairros na área urbana.



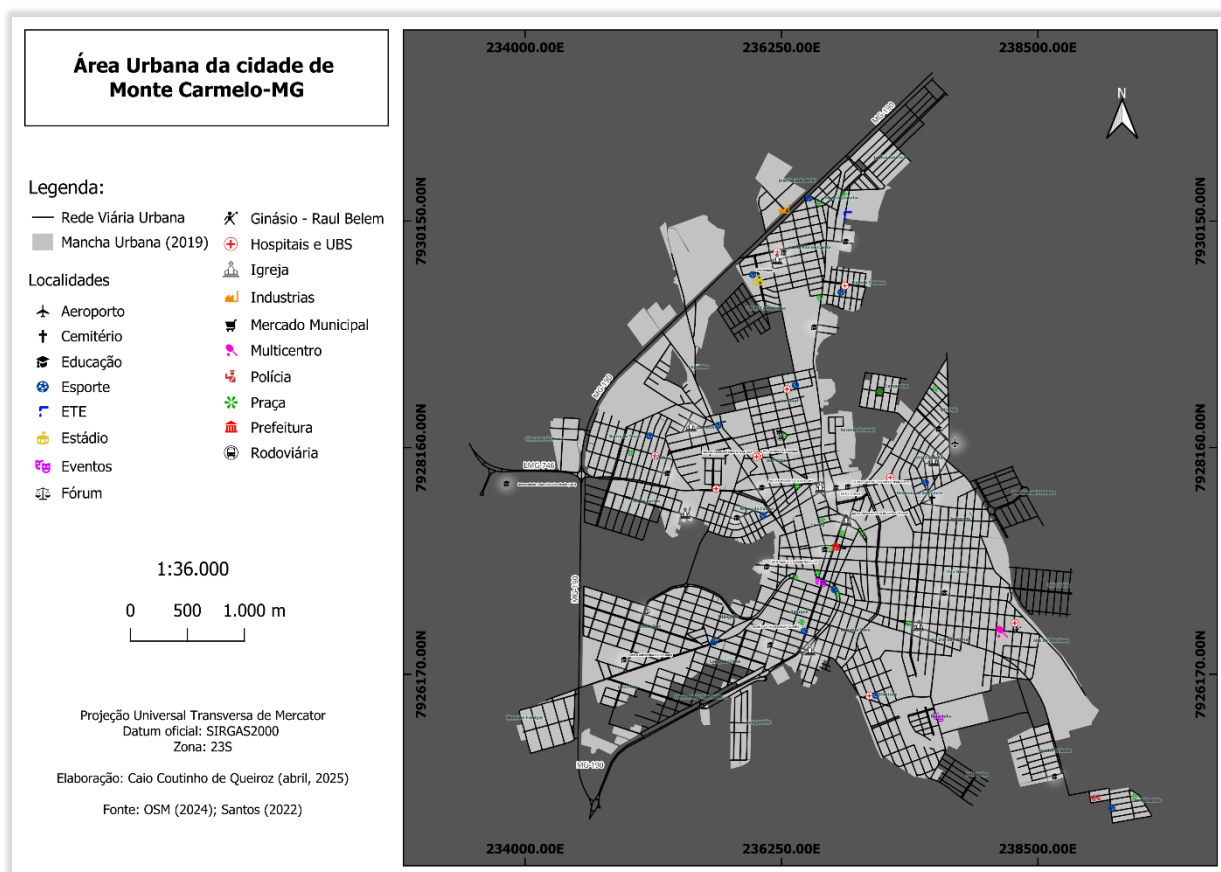
Fonte: Autor.

É possível observar, na representação cartográfica acima, a utilização de diferentes cores para individualizar os bairros, facilitando a identificação e a análise visual de sua distribuição no espaço urbano. A legenda discrimina 36 bairros distintos, cada um com uma cor específica; além disso, evidencia, por meio de pontos, os centroides dos respectivos bairros e apresenta a rede viária urbana (em linhas pretas), que atua como elemento integrador do tecido urbano, conectando as diferentes regiões da cidade.

Nota-se uma divergência entre o número de bairros classificados pelas cores e o número de centroides indicados, o que pode sugerir uma expansão urbana nos últimos anos. Com isso, é possível inferir que a cidade teve, nesse período, um acréscimo de bairros recém-delimitados, o que indica um processo de crescimento e reorganização territorial. Embora o mapa aponte 36 bairros nomeados na legenda, ao se observar os nomes inseridos diretamente na malha urbana, é possível identificar 41 bairros mapeados, o que reforça essa dinâmica de transformação urbana.

O mapa da figura 11 evidencia a delimitação da área urbana da cidade de Monte Carmelo-MG, com a mancha urbana referente ao ano de 2019 e a representação da rede viária.

Figura 11: Mapa da área e da distribuição dos equipamentos urbanos.

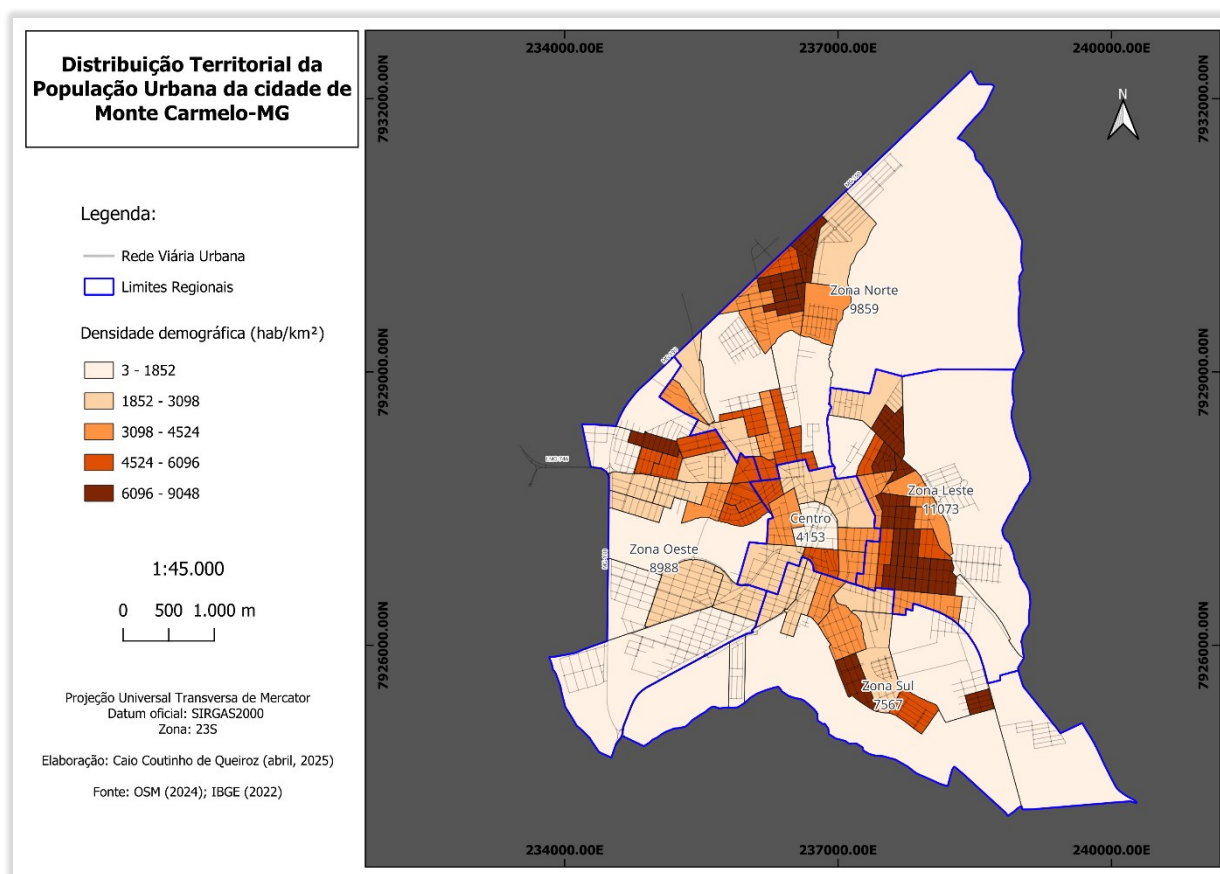


Fonte: Autor.

Verifica-se na figura 11 que a mancha urbana, representada na cor cinza claro, evidencia o perímetro consolidado do desenvolvimento urbano até o ano de 2019. Com a sobreposição da rede viária referente a 2024, é possível identificar as áreas onde ocorreram processos de expansão urbana ao longo dos últimos anos. Além disso, observa-se a distribuição dos equipamentos urbanos, representados por diferentes símbolos que indicam locais relacionados à saúde, educação, esporte, lazer, administração pública, entre outros serviços essenciais.

A figura 12 representa a distribuição territorial da população urbana do município, com base na malha de setores censitários e nas regiões geográficas.

Figura 12: Mapa da distribuição territorial da população urbana.



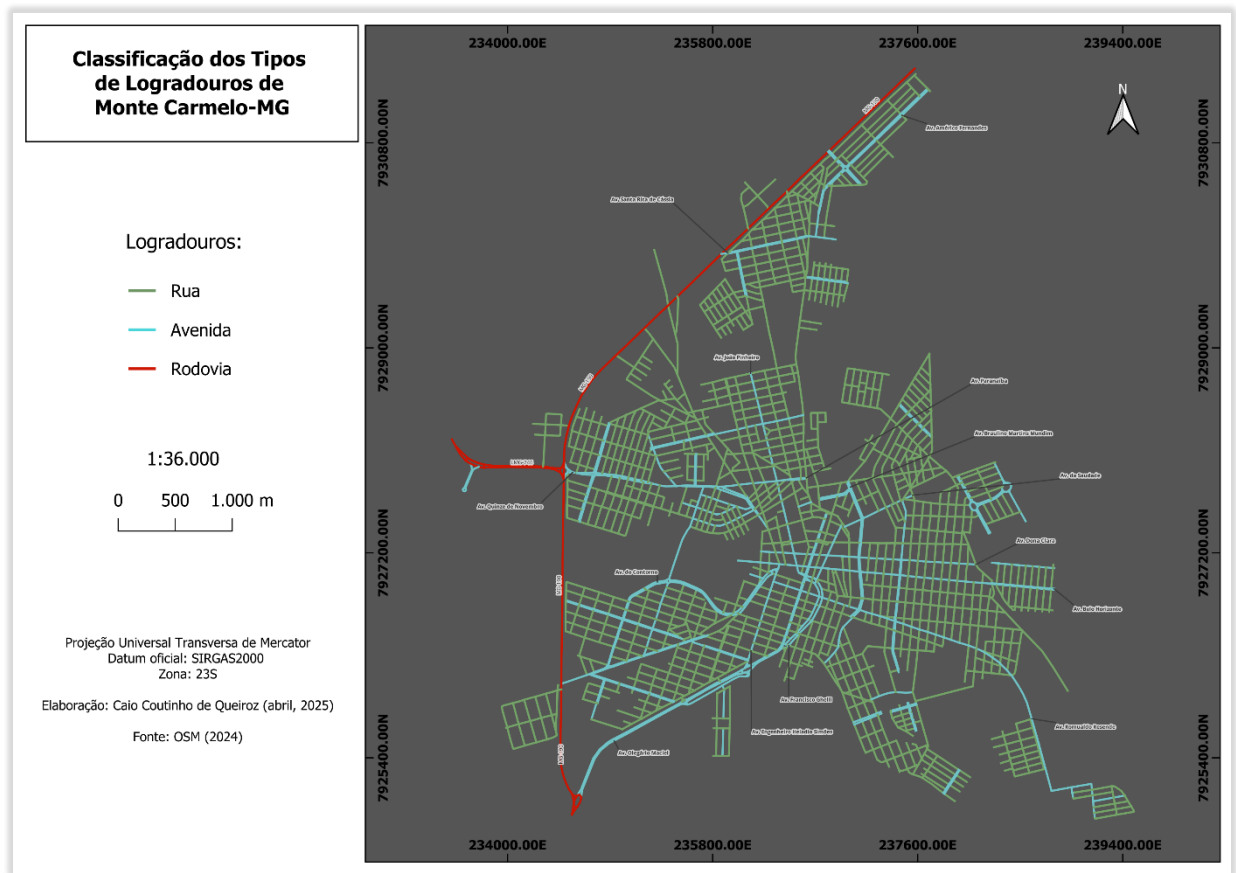
Fonte: Autor.

Na figura 12, observa-se que a densidade demográfica varia entre 3 e 9.048 habitantes por quilômetro quadrado. As áreas representadas por cores mais escuras indicam maior densidade, enquanto as tonalidades mais claras sinalizam uma concentração populacional menor. Além disso, as regiões onde a densidade populacional está entre 3 e 1.852 hab/km² correspondem à área de expansão urbana.

Ainda sobre a figura 12, observa-se que a zona leste apresenta a maior concentração populacional, com aproximadamente 11.073 habitantes, seguida pelas zonas norte (9.859), oeste (8.988) e sul (7.567). A menor concentração de população está na região central da cidade, totalizando 4.153 habitantes. Somando-se todas as regiões, a população urbana do município alcança um total de 41.640 habitantes.

É representado no mapa da figura 13, a categorização dos tipos de logradouros do município de Monte Carmelo-MG.

Figura 13: Mapa da classificação dos tipos de logradouros.

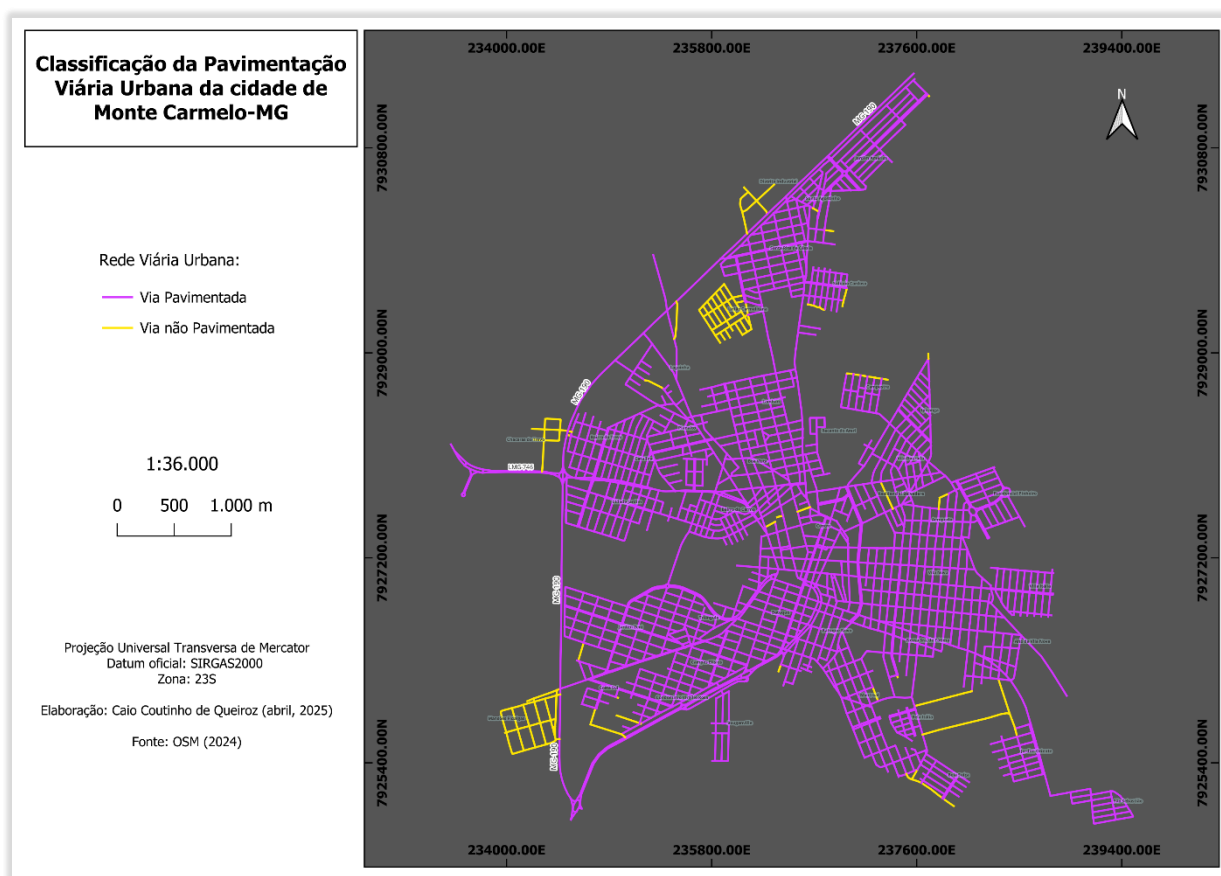


Fonte: Autor.

Observa-se na figura 13 que os tipos de logradouros categorizados na cidade foram: ruas (em verde), que estruturam a maior parte da malha urbana; avenidas (em azul), que funcionam como os principais corredores de deslocamento, conectando bairros e facilitando o fluxo interno; e rodovias (em vermelho), que margeiam a cidade e cumprem papel fundamental na conexão com outras localidades, contornando a zona urbana e contribuindo para a redução do tráfego de veículos pesados no centro. Nota-se também que as rodovias e as principais avenidas estão nomeadas, facilitando a localização espacial.

É apresentado na figura 14 a classificação da pavimentação da rede viária urbana da cidade de Monte Carmelo-MG.

Figura 14: Mapa da classificação da pavimentação viária urbana.

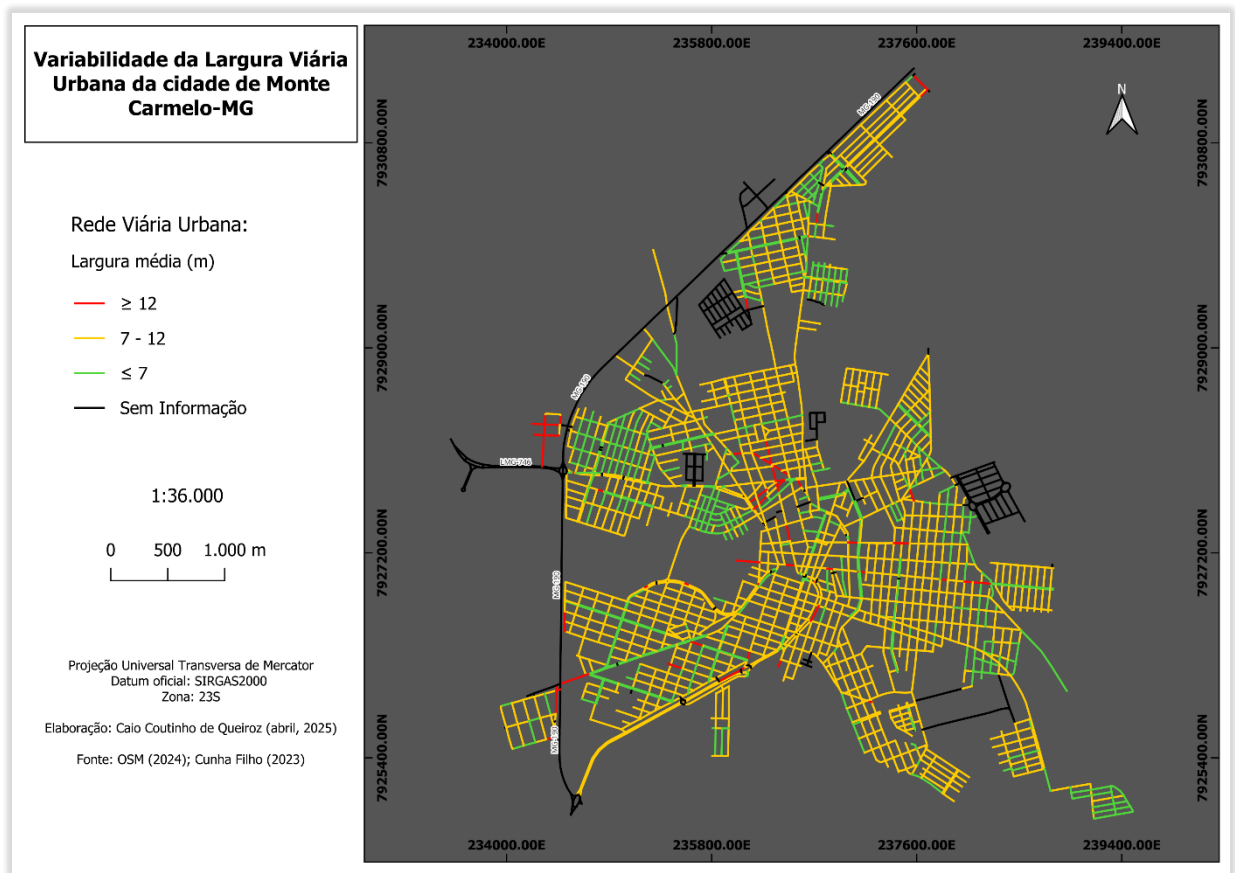


Fonte: Autor.

No mapeamento da figura 14 acima, é possível visualizar as vias pavimentadas, destacadas em lilás e as não pavimentadas, mostradas em amarelo, que corresponde à vias de terreno natural. Percebe-se que as vias pavimentadas predominam, enquanto as vias não pavimentadas incluem aquelas em construção, as abertas indevidamente pela população, as que dão acesso a chácaras e as cuja origem não se sabe, como ocorre com as vias do Distrito Industrial e dos bairros Campestre, Chácaras do Trevo e Mansões Fidalga. Entretanto, esse mapeamento não leva em consideração a qualidade das vias pavimentadas.

O mapeamento da figura 15, ilustrado abaixo, representa as variações das larguras médias das vias urbanas, seguindo os critérios estabelecidos para sua categorização.

Figura 15: Mapa da variabilidade da largura das vias urbana.

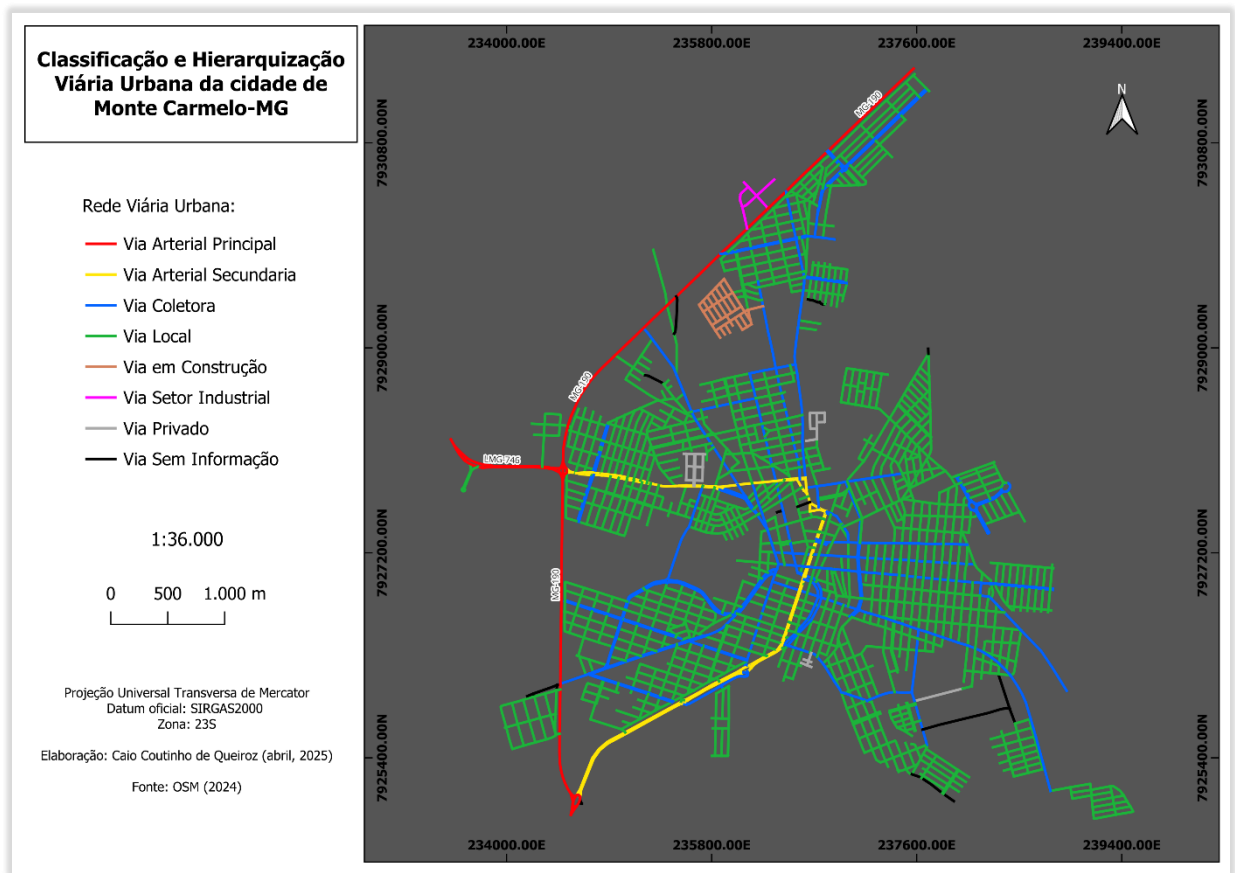


Fonte: Autor.

Nota-se, na figura 15, que as larguras viárias foram categorizadas em quatro classes distintas: em vermelho, vias com largura maior ou igual a 12 metros; em amarelo, vias maiores do que 7 metros e menores do que 12 metros; em verde, até 7 metros; e em preto, trechos sem informação disponível. Observa-se uma predominância de vias com larguras entre 7m e 12m, seguidas pelas vias com larguras de até 7m. As vias com larguras iguais ou superiores a 12m são pontuais e menos frequentes.

O mapeamento da figura 16 mostra a classificação e hierarquização funcional das vias urbanas do município de Monte Carmelo-MG.

Figura 16: Mapa da classificação e hierarquização funcional viária urbana.



Fonte: Autor.

Observa-se na figura 16 a predominância de vias locais (em verde), que compõem a maior parte da rede viária do município. As vias em vermelho representam as rodovias MG-190 e LMG-746, classificadas como arteriais principais, que ligam Monte Carmelo a outros municípios da região, permitindo o fluxo intermunicipal. Já a via em amarelo é complementar à rede arterial principal, absorvendo deslocamentos de extensão intermediária e distribuindo o tráfego para áreas menores da malha urbana, com nível de mobilidade inferior ao das vias arteriais principais. As vias coletoras (azul) estabelecem conexões entre as vias locais e arteriais, facilitando a circulação interna. Também são identificadas vias em construção (laranja), vias do setor industrial (rosa), privadas (cinza) e com ausência de informação (preto), evidenciando a complexidade e diversidade funcional da rede viária urbana.

A tabela 2 apresenta o resultado da contagem volumétrica de veículos ocorrido no trecho da rua Alferes Euzébio, entre a E.E. Dona Sindá e E.E. Professor Vicente Lopes Perez (Polivalente), localizado no Centro da cidade de Monte Carmelo-MG, em 20 de março de 2024.

Tabela 2: Contagem volumétrica de veículos.

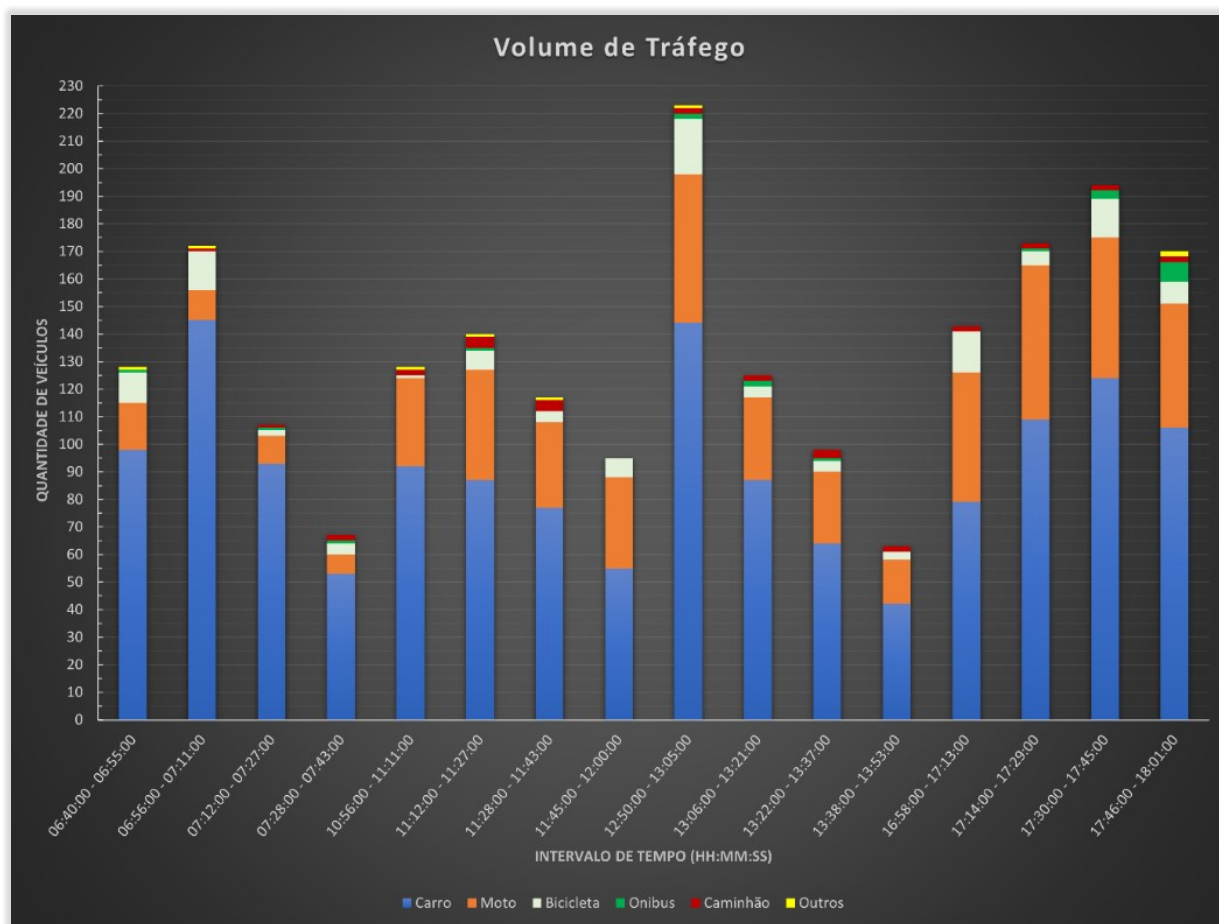
<i>Contagem</i>	<i>Período (h:m:s)</i>	<i>Carro</i>	<i>Moto</i>	<i>Bicicleta</i>	<i>Ônibus</i>	<i>Caminhão</i>	<i>Outros</i>	<i>Total</i>
1º	06:40:00 - 06:55:00	98	17	11	1	0	1	128
	06:56:00 - 07:11:00	145	11	14	0	1	1	172
	07:12:00 - 07:27:00	93	10	2	1	1	0	107
	07:28:00 - 07:43:00	53	7	4	1	2	0	67
2º	10:56:00 - 11:11:00	92	32	1	0	2	1	128
	11:12:00 - 11:27:00	87	40	7	1	4	1	140
	11:28:00 - 11:43:00	77	31	4	0	4	1	117
	11:45:00 - 12:00:00	55	33	7	0	0	0	95
3º	12:50:00 - 13:05:00	144	54	20	2	2	1	223
	13:06:00 - 13:21:00	87	30	4	2	2	0	125
	13:22:00 - 13:37:00	64	26	4	1	3	0	98
	13:38:00 - 13:53:00	42	16	3	0	2	0	63
4º	16:58:00 - 17:13:00	79	47	15	0	2	0	143
	17:14:00 - 17:29:00	109	56	5	1	2	0	173
	17:30:00 - 17:45:00	124	51	14	3	2	0	194
	17:46:00 - 18:01:00	106	45	8	7	2	2	170

Fonte: Autor.

Percebe-se na Tabela 2, que foram realizadas quatro contagens, cada uma com duração de uma hora, dividida em intervalos de 15 minutos. O intuito foi apresentar a quantidade de veículos nos horários de entrada e de saída dos alunos, correspondentes aos turnos da manhã (7h e 11h30) e da tarde (13h e 17h30), respectivamente. A primeira e a terceira contagem representam os horários de entrada, enquanto a segunda e a quarta correspondem aos de saída.

O gráfico da figura 17 aponta o volume de tráfego de veículos resultante dos valores apresentados na tabela 2 acima.

Figura 17: Gráfico do volume de tráfego.



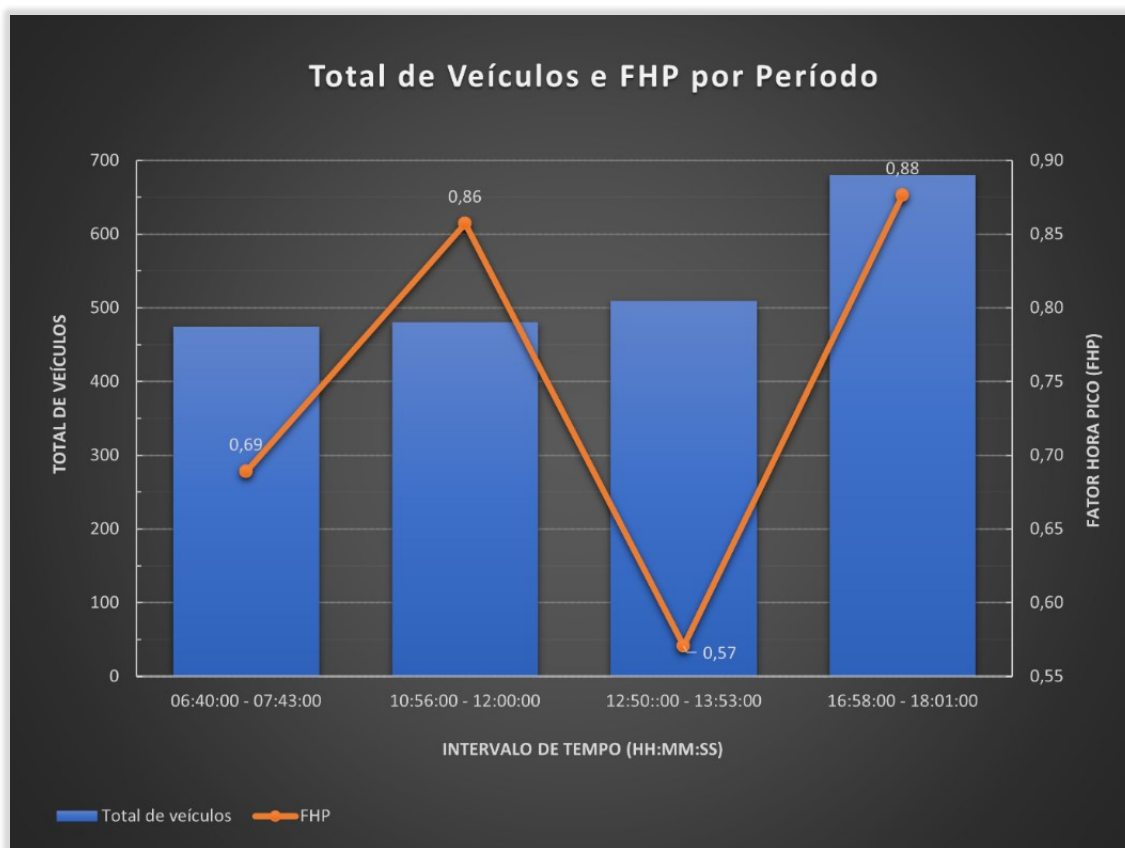
Fonte: Autor.

Visualiza-se na figura 17, que os modais predominante são os carros e as motos. Bicicletas, ônibus, caminhões e outros veículos têm presença discreta, mas constante, com leve aumento nos horários de maior fluxo.

Observa-se também, que os horários próximos aos períodos de entradas e saídas de alunos nas escolas são os mais intensos. No turno da manhã, os momentos de maior fluxo ocorrem entre 06h56 e 7h11, com um total de 172 veículos, e entre 11h12 e 11h27, contabilizando 140 veículos. Já no turno da tarde, os intervalos entre 12h50 e 13h05, com 223 veículos, e entre 17h30 e 17h45, com 194 veículos, registraram os maiores números de veículos.

O gráfico da figura 18, apresenta o total de veículos e o Fator Hora Pico (FHP) para as quatro contagens realizadas.

Figura 18: Gráfico do total de veículos e Fator Hora Pico (FHP) por período.



Fonte: Autor.

O Fator Horário de Pico (FHP) nos períodos analisados varia de 0,57 a 0,88, o que indica diferenças significativas na distribuição do tráfego ao longo da hora de pico. Observa-se que o maior volume de tráfego ocorreu entre 16h58 e 18h01, com aproximadamente 680 veículos, sendo também o período com o maior FHP (0,88), indicando um fluxo mais constante e menos concentrado em curtos períodos. O segundo maior FHP (0,86) ocorre entre 10h56 e 12h00, mesmo com volume total inferior, com 480 veículos, sugerindo que o tráfego, embora elevado, apresenta boa distribuição ao longo da hora.

Entretanto, os intervalos entre 06h40 e 07h43, com FHP igual a 0,69 e total de 474 veículos, e especialmente entre 12h50 e 13h53, com FHP igual a 0,57 e 509 veículos, indicam que nesses períodos o tráfego está fortemente concentrado em curtos intervalos de 15 minutos, caracterizando uma hora pico aguda e irregular. Um FHP nessa faixa pode exigir medidas de gerenciamento de tráfego, como ajustes na sinalização, sincronização de semáforos ou até mesmo intervenções na infraestrutura para melhorar a fluidez.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo do trabalho foi estruturar uma base cartográfica do sistema viário urbano no município de Monte Carmelo-MG, aplicando técnicas de geoprocessamento para geração de mapas temáticos da mancha urbana da cidade, com o intuito de subsidiar ações de planejamento urbano.

Os resultados deste estudo ajudam a entender melhor a organização da cidade. Ele combina informações sobre os aspectos físicos (hipsometria e declividade), demográficos (distribuição territorial da população), estruturais (largura das vias, pavimentação e tipo de logradouro) e funcionais (hierarquização funcional viária e volume de tráfego), criando uma visão completa do espaço urbano. Essa abordagem integrada é essencial para planejar a cidade de forma mais eficiente, garantindo uma mobilidade mais organizada e acessível para todos.

A utilização das ferramentas de geoprocessamento, do software QGIS (que é de acesso livre e gratuito), mostrou-se fundamental no desenvolvimento das análises, permitindo a visualização espacial detalhada e precisa.

Dessa forma, conclui-se que a metodologia adotada constitui um instrumento técnico relevante para trabalhos futuros, oferecendo suporte ao planejamento viário e as simulações de tráfego.

Recomenda-se para trabalhos futuros utilizar métodos fotogramétricos e topográficos, com VANT (Veículo Aéreo Não Tripulável) com pontos de apoio e de controle, para a geração de um Modelo Digital de Terreno (MDT), que é o ideal para representar os fatores topográficos com maior precisão, pois imagens como os MDE e MDS representam a superfície da Terra incluindo edifícios, infraestruturas e vegetações. Também seria interessante, realizar a contagem volumétrica de veículos em mais pontos, principalmente em trechos de outras escolas, para melhor representar o comportamento do tráfego em toda a malha viária.

REFERÊNCIAS

ACIOLY, C.; DAVIDSON, F. **Densidade Urbana e Gestão Urbana**. Mauad Editora, Rio de Janeiro, Brazil, 1998. 58 pp. Disponível em: https://claudioacioly.com/sites/default/files/2020-02/42%201998_Urban%20Density_Draft%20Text%20for%20the%20Book%20by%20Mauad%20Editora_PORT.pdf. Acesso em: 04 nov. 2023.

ACSELRAD, H. **Cartografias Sociais e Território**. Rio de Janeiro: Editora do Instituto de Planejamento Urbano e Regional (IPPUR), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); 2008. Disponível em: <http://beu.extension.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/364>. Acesso em: 06 set. 2025.

ALVES, P.; RAIA JUNIOR, A. A. **Mobilidade e acessibilidade urbanas sustentáveis: a gestão da mobilidade no Brasil**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PPGEU/Universidade Federal de São Carlos-UFSCar. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/articulos-cientificos/2009-1/576-mobilidade-e-acessibilidade-urbanas-sustentaveis-a-gestao-da-mobilidade-no-brasil/file>. Acesso em: 02 nov. 2023.

BORGES, J.A. **Otimização operacional das etapas de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos**. 2021. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/37143>. Acesso em: 26 out. 2023.

BORN, L. N. **A política de mobilidade urbana e os planos diretores**. In: SANTOS JUNIOR, O.A.; MONTADON, T.D. (Org.) Os planos diretores municipais pós-estatuto da cidade: balanço crítico e perspectivas. Rio de Janeiro: Letra Capital: UFRJ, p. 155-171, 2011. Disponível em: <http://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/302>. Acesso em: 03 nov. 2023.

BRASIL. **Estatuto das Cidades**. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e legislação correlata. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008. 3ª ed. 99 p. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/70317>. Acesso em: 04 nov. 2023.

BRASIL. LEI Nº 12.587, DE 03 DE JANEIRO DE 2012. **Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 jan. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm. Acesso em: 02 nov. 2023.

BRASIL. LEI Nº 9.503, DE 23 DE SETEMBRO DE 1997. **Institui o Código de Trânsito Brasileiro**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 set. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503compilado.htm. Acesso em: 04 nov. 2023.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. 1996. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>. Acesso em: 26 out. 2023.

COVAS, J. P. B. **Modelação das acessibilidades face a alterações das condicionantes de circulação viária em Lisboa. O caso da deslocação ao Centro Comercial Colombo**. 2010. Tese de Doutorado. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/3870>. Acesso em: 05 nov. 2023.

- CUNHA FILHO, C. P. da. **Classificação e hierarquização funcional da malha viária do município de Monte Carmelo – MG através da análise do modelo digital do terreno**. 2023. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/37015>. Acesso em: 07 nov. 2023.
- DE MOURA, M. C.; RIBEIRO, C. A. A. S.; TIBIRIÇÁ, A. C. G.; SOARES, V. P. **Criação da rede e base de dados para o sistema viário de Viçosa - MG, utilizando SIG**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 54, n. 1, 2009. DOI: 10.14393/rbcv54n1-43938. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43938>. Acesso em: 26 out. 2023.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. 1. ed. Brasília: DNIT, 2010. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/ipr_740_manual_projetos_geometricos_travessias_urbanas.pdf. Acesso em: 05 mai. 2025.
- European Space Agency (ESA). **Copernicus DEM - Global and European Digital Elevation Model**. Copernicus, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5270/ESA-c5d3d65>. Acesso em: 29 mar. 2025.
- FORMIGHIERI, A. P.; DIAS, S. I. S.; DRABIK, M. M. **Revisão bibliográfica: o sistema viário como instrumento do planejamento urbano: valorização imobiliária com qualidade de vida ou gentrificação?**. 2017. Disponível em: <https://www2.fag.edu.br/professores/solange/PRODUCAO%20CIENTIFICA/2017%2015.%20ECCI/2017%20-%20ECCI%20-%20ARTIGO%20AMANDA%20-%20SOL%2025092017.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2025.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Base de Faces de Logradouros do Brasil**. Resultados Preliminares. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/28971-base-de-faces-de-logradouros-do-brasil.html>. Acesso em: 01 set. 2024
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo Demográfico. Agregados por Setores Censitários preliminares: População e Domicílios**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=39499&t=resultados>. Acesso em: 19 set. 2024.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/monte-carmelo/panorama>. Acesso em: 20 mai. 2025.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Malha de Setores Censitários**. 2022 Malha Preliminar. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=downloads>. Acesso em: 19 set. 2024.
- LEWIS, S. **Use of geographical information systems in transportation modeling**. ITE journal, v. 60, n. 3, p. 34-38, 1990. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=3b90dc5fdce7c1976a8f766ade7bbf4d8f1450d3>. Acesso em: 26 out. 2023.
-

MONTE CARMELO. LEI Nº 1.388, DE 23 DE AGOSTO DE 2017. **Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano no Município de Monte Carmelo/MG**. Diário Oficial do Município, Monte Carmelo, MG, 23 ago. 2017.

MONTE CARMELO. LEI Nº 11, DE 10 DE OUTUBRO DE 2006. **Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Monte Carmelo/MG e dá outras providências**. Diário Oficial do Município, Monte Carmelo, MG, 11 de out. 2006.

RAIA JUNIOR, A. A. **Acessibilidade e mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando redes neurais artificiais e sistemas de informações geográficas**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.18.2000.tde-10112001-160812>. Acesso em: 02 nov. 2023.

ROSE, A. **Uma avaliação comparativa de alguns sistemas de informação geográfica aplicados aos transportes**. 2001. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2001. doi:10.11606/D.18.2001.tde-17032002-102609. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-17032002-102609/en.php>. Acesso em: 26 out. 2023.

SANTOS, A. A. R. dos. **Base cartográfica de Monte Carmelo integrando dados de imagens aéreas e terrestres**. 2022. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/35985>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SANTOS, C. de O. dos; FARIA, C. M. M. **Políticas públicas e mobilidade urbana: um ensaio científico sobre o município de campo Mourão**. Cuadernos de Educación y Desarrollo, [S. l.], v. 16, n. 13, p. e6806, 2024. DOI: 10.55905/cuadv16n13-042. Disponível em: <https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/6806>. Acesso em: 19 maio. 2025.

SANTOS, J. E. D. dos. **Análise da vulnerabilidade da rede viária urbana na acessibilidade do transporte urbano de cargas sob a ótica da emissão de CO2**. 2024. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/79221>. Acesso em: 17 mai. 2025.

VAN MAARSEVEEN, M. F. A. M. et al. **Using an integrated land use and transport planning approach for urban road design**. In: 12th PRI World Congress: Mobility and Safety in urban Areas: What can be done to improve both simultaneously?: Proceedings of the 12th PRI World Congress: Mobility and Safety in urban Areas: What can be done to improve both simultaneously?: 7-8 June 2012, Marrakech, Morocco. 2012. p. 1-16. Disponível em: <https://research.utwente.nl/en/publications/using-an-integrated-land-use-and-transport-planning-approach-for->. Acesso em: 06 set. 2025.