

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

VINÍCIUS CARDOSO DE MOURA

ANÁLISE COMPARATIVA DO FLUXO VEICULAR EM DUAS SEÇÕES DA
AVENIDA GOVERNADOR RONDON PACHECO NA CIDADE DE UBERLÂNDIA
(MG)

UBERLÂNDIA

2026

VINÍCIUS CARDOSO DE MOURA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO FLUXO VEICULAR EM DUAS SEÇÕES DA
AVENIDA GOVERNADOR RONDON PACHECO NA CIDADE DE UBERLÂNDIA
(MG)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Camilla Miguel Carrara

UBERLÂNDIA

2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M929	Moura, Vinícius Cardoso de, 2003-
2026	Análise comparativa do fluxo veicular em duas seções da Avenida Governador Rondon Pacheco na cidade de UBERLÂNDIA (MG) [recurso eletrônico] / Vinícius Cardoso de Moura. - 2026. Orientador: Camilla Miguel Carrara. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Engenharia Civil. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia. Inclui ilustrações. 1. Engenharia civil. I. Carrara, Camilla Miguel, 1980-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.
CDU: 624	

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

VINÍCIUS CARDOSO DE MOURA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO FLUXO VEICULAR EM DUAS SEÇÕES DA
AVENIDA GOVERNADOR RONDON PACHECO NA CIDADE DE UBERLÂNDIA
(MG)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Uberlândia, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil

Uberlândia, 9 de julho de 2026.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Camilla Miguel Carrara Lazzarini – UFU (Orientadora)

Prof. Dr. Lauren Karoline de Sousa Gonçalves – UFU

Prof. Dr. José Eduardo Alamy Filho – UFU

RESUMO

Este trabalho analisa comparativamente o comportamento do fluxo veicular em duas seções da Avenida Governador Rondon Pacheco, na cidade de Uberlândia (MG), considerando diferentes períodos do dia e sentidos de circulação. A pesquisa foi desenvolvida a partir do processamento de filmagens próprias realizadas nos viadutos Carlos Saraiva e José Rezende Ribeiro, em três faixas horárias: manhã, período intermediário e fim da tarde. Os vídeos foram processados com apoio computacional, utilizando detecção e rastreamento automatizado de veículos, e os dados foram organizados em intervalos de 15 minutos para análise dos volumes veiculares e do Fator Horário de Pico. Os resultados indicaram diferenças relevantes entre os pontos analisados e entre os sentidos de circulação. No sentido oeste-leste, o ponto correspondente ao Viaduto José Rezende Ribeiro apresentou volumes superiores em todos os períodos, com maior diferença no período da manhã. No sentido leste-oeste, o ponto correspondente ao Viaduto Carlos Saraiva apresentou volumes superiores na manhã e no período intermediário, enquanto no fim da tarde os resultados ficaram praticamente equilibrados. Os valores do Fator Horário de Pico variaram de 0,836 a 0,963. Os menores valores indicam maior concentração do fluxo em determinados intervalos de 15 minutos, enquanto os valores mais próximos de 1,00 representam uma distribuição mais uniforme ao longo da hora de pico. Conclui-se que a Avenida Rondon Pacheco não apresenta comportamento uniforme ao longo de sua extensão, sendo influenciada pelas características urbanas e operacionais de cada trecho. A contagem por vídeo mostrou-se adequada para a organização e comparação dos dados, embora a análise tenha sido limitada a duas seções e a períodos específicos do dia.

Palavras-chave: engenharia de tráfego; contagem veicular; processamento de vídeo; fluxo veicular; Avenida Rondon Pacheco.

ABSTRACT

This study comparatively analyzes the behavior of vehicular flow in two sections of Governador Rondon Pacheco Avenue, in the city of Uberlândia, Minas Gerais, considering different periods of the day and directions of traffic. The research was conducted by processing original video recordings made by the author at the Carlos Saraiva and José Rezende Ribeiro overpasses, in three time periods: morning, intermediate period, and late afternoon. The videos were processed with computational support, using automated vehicle detection and tracking, and the data were organized into 15-minute intervals for the analysis of traffic volumes and the Peak Hour Factor. The results indicated relevant differences between the analyzed points and between the directions of traffic. In the west-east direction, the point corresponding to the José Rezende Ribeiro overpass presented higher volumes in all periods, with the greatest difference occurring in the morning. In the east-west direction, the point corresponding to the Carlos Saraiva overpass presented higher volumes in the morning and in the intermediate period, while in the late afternoon the results were practically balanced. The Peak Hour Factor values ranged from 0.836 to 0.963. Lower values indicate a greater concentration of traffic in specific 15-minute intervals, while values closer to 1.00 represent a more uniform distribution throughout the peak hour. It is concluded that Rondon Pacheco Avenue does not present uniform behavior along its length, being influenced by the urban and operational characteristics of each segment. Video-based counting proved adequate for organizing and comparing the data, although the analysis was limited to two sections and specific periods of the day.

Keywords: traffic engineering; vehicle counting; video processing; traffic flow; Rondon Pacheco Avenue.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de São Pedro de Uberabinha em 1856	17
Figura 2 – Mapa de São Pedro de Uberabinha em 1891	18
Figura 3 – Recorte do trecho oeste do mapa de zoneamento e ocupação do solo.....	19
Figura 4 – Recorte do trecho leste do mapa de zoneamento e ocupação do solo.....	20
Figura 5 – Localização das seções de contagem e do trecho entre os viadutos analisados....	22
Figura 6 – Viaduto Carlos Saraiva sentido zona oeste	23
Figura 7 – Viaduto José Rezende Ribeiro sentido zona oeste.....	23
Figura 8 – Exemplo do programa em funcionamento no Viaduto Carlos Saraiva, sentido de tráfego para zona leste no período intermediário	27
Figura 9 – Volume veicular por intervalo de 15 minutos na Seção 1 sentido oeste-leste	31
Figura 10 – Volume veicular por intervalo de 15 minutos na Seção 1 sentido leste-oeste	32
Figura 11 – Volume veicular por intervalo de 15 minutos na Seção 2 sentido oeste-leste	32
Figura 12 – Volume veicular por intervalo de 15 minutos na Seção 2 sentido leste-oeste	33
Figura 13 – Comparação dos volumes totais por seção, período e sentido	34
Figura 14 – Comparação do Fator Horário de Pico (FHP) por seção, período e sentido	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados obtidos na contagem manual comparada à contagem automatizada..	28
Tabela 2 – Síntese dos volumes totais e do FHP por seção, sentido e período	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CET - Companhia de Engenharia de Tráfego

CSV - Comma-Separated Values

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

FHP - Fator Horário de Pico

HCM - Highway Capacity Manual

MG - Minas Gerais

MOV - Formato de arquivo de vídeo QuickTime

TRB - Transportation Research Board

VHP - Volume da Hora de Pico

YOLO - You Only Look Once

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Contextualização do tema.....	9
1.2 Objetivos.....	10
1.2.1 Objetivo geral	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
1.3 Justificativa.....	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 Classificação funcional das vias urbanas e sua relação com o estudo do tráfego	12
2.2 Variáveis básicas da engenharia de tráfego	12
2.3 Variações temporais do tráfego, fator de hora pico e formação de filas	13
2.4 Processamento computacional de vídeos aplicado à contagem veicular.....	14
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
3.1 Origem urbana da via e relação com o Córrego São Pedro.....	16
3.2 Transformação da avenida em eixo de circulação importante	18
3.3 Intervenções e requalificações na via	20
3.4 Problemas atuais que justificam o estudo.....	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1 Área de estudo e definição das seções de contagem	22
4.2 Planejamento da coleta de dados e equipamentos	23
4.3 Processamento dos vídeos e contagem veicular	24
4.4 Organização, tratamento dos dados, variáveis analisadas	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Organização geral dos resultados obtidos	30
5.2 Resultados da Seção 1	20
5.3 Resultados da Seção 2	32
5.4 Comparação entre seções, sentidos e períodos.....	33
5.5 Análise do Fator Horário de Pico (FHP)	34
5.6 Discussão geral dos resultados	35
6 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema

A mobilidade urbana vem se tornando um tema cada vez mais importante nas cidades brasileiras, principalmente devido ao crescimento populacional, expansão territorial ou aumento da frota de veículos. Esse processo afeta diretamente o sistema viário, uma vez que vias antes pensadas para atender determinadas demandas passam a assumir funções mais amplas na circulação urbana, concentrando deslocamentos diários de trabalho, estudo, serviços e lazer. Nesse contexto, os estudos de tráfego são importantes porque permitem compreender como as vias respondem ao aumento do número de veículos em circulação e as transformações urbanas, especialmente por meio da análise de variáveis como volume, composição do fluxo e distribuição temporal da demanda.

No município de Uberlândia, a Avenida Governador Rondon Pacheco se destaca como um dos principais eixos de circulação urbana. Ao longo do tempo, a avenida deixou de exercer apenas uma função local e passou a ter papel estrutural na mobilidade da cidade, ligando diferentes regiões e concentrando volumes expressivos de tráfego. De acordo com a legislação municipal de Uberlândia, a hierarquização viária está relacionada à mobilidade urbana, sendo as vias estruturais reconhecidas como parte da ossatura principal do sistema viário urbano, com suporte ao transporte coletivo (Uberlândia, 2005, 2010).

A própria formação urbana da cidade contribui para entender a importância atual da avenida. A área correspondente a Rondon Pacheco esteve associada ao processo de crescimento de Uberlândia, e com o passar do tempo, a via passou a acompanhar a consolidação da malha urbana. Posteriormente, intervenções de requalificação, obras de drenagem, pavimentação, urbanização e implantação de dispositivos viários reforçaram ainda mais o papel da avenida como corredor importante para a circulação na cidade.

A partir dessa importância urbana e viária, do ponto de vista técnico, a análise do tráfego pode considerar variáveis como volume veicular, composição do fluxo, distribuição temporal da demanda e condições operacionais observadas em campo. De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006) e com a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET, 1977), a contagem volumétrica constitui uma ferramenta importante para identificar o comportamento do tráfego em determinados pontos ou seções da via, principalmente quando se busca comparar diferentes locais e horários do dia.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo a análise comparativa do fluxo veicular em duas seções da Avenida Governador Rondon Pacheco, a partir de contagens obtidas por

detecção e rastreamento automatizado de veículos em vídeos, em diferentes períodos do dia e sentidos de circulação.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar comparativamente o comportamento do fluxo veicular em duas seções da Avenida Governador Rondon Pacheco na cidade de Uberlândia (MG), com base em contagens obtidas por detecção e rastreamento automatizado de veículos em vídeos, em diferentes períodos do dia e sentidos de circulação.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a Avenida Governador Rondon Pacheco quanto à sua relevância urbana e funcional no contexto do sistema viário de Uberlândia;
- Delimitar e descrever as duas seções de contagem adotadas no estudo;
- Implementar e validar um procedimento computacional para detecção, rastreamento e contagem de veículos em vídeos, mediante comparação com contagens manuais;
- Comparar os volumes observados entre as duas seções analisadas;
- Comparar o comportamento do fluxo entre os sentidos de circulação e entre os períodos do dia;
- Discutir os resultados observados levando em conta as características da via e os conceitos de engenharia de tráfego abordados no trabalho.

1.3 Justificativa

A realização deste estudo se justifica pela importância da Avenida Governador Rondon Pacheco para a circulação urbana de Uberlândia, visto que se trata de uma via relevante para a mobilidade da cidade, inserida em uma área de muita movimentação urbana e utilizada em deslocamentos diários de diferentes naturezas. Além disso, a Lei Complementar nº 797/2025 estabelece, entre as diretrizes da Política Municipal de Mobilidade e Acessibilidade Urbana, a garantia de níveis de serviço adequados nas principais vias de escoamento e a elaboração de estudos técnicos para vias de fluxo de tráfego elevado, o que reforça a pertinência de estudos voltados à compreensão das condições de operação e do comportamento do fluxo ao longo do dia.

Assim, a justificativa também se sustenta pelo interesse em analisar comparativamente duas seções da mesma avenida, reconhecendo que uma via urbana não apresenta comportamento sempre uniforme em toda a sua extensão. Assim, diferenças de construções ao entorno, características geométricas, dispositivos viários, interferências operacionais e intensidade da demanda podem fazer com que seções distintas apresentem resultados diferentes, mesmo integrando o mesmo corredor urbano.

Do ponto de vista metodológico, o trabalho também é relevante ao utilizar vídeos como base para a coleta dos dados e por empregar apoio computacional no processamento das contagens. Essa escolha apresenta uma alternativa interessante para estudos aplicados de tráfego urbano.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Classificação funcional das vias urbanas e sua relação com o estudo do tráfego

Para compreender tecnicamente o comportamento de uma via urbana, é necessário entender a função que ela desempenha dentro do sistema viário da cidade, pois a forma como foi planejada influencia diretamente sua operação, seu papel nos deslocamentos e o tipo de análise que pode ser realizada. Nesse sentido, a Lei nº 10.686/2010 e o *Highway Capacity Manual* (HCM), traduzido como Manual de Capacidade Viária e publicado pelo *Transportation Research Board* (TRB, 2010), utilizam a classificação funcional das vias como referência para distinguir aquelas com função predominantemente local das que exercem uma articulação mais ampla dentro da malha urbana.

No caso de Uberlândia, a Lei nº 10.686 de 2010 estabelece as diretrizes do sistema viário municipal e define a hierarquia das vias urbanas. Nesse sentido, a lei caracteriza a via arterial como aquela que possui interseções em nível, geralmente controladas por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade. Já a via estrutural é definida como a principal componente do sistema viário urbano, funcionando como a ossatura básica da circulação e servindo de suporte ao transporte coletivo.

2.2 Variáveis básicas da engenharia de tráfego

Depois de compreender a função da via dentro do sistema urbano, o próximo passo é entender quais são as variáveis que a engenharia de tráfego utiliza para descrever seu comportamento. O TRB (2010), por meio do HCM, destaca que as relações entre volume, velocidade e densidade estão entre os fundamentos mais importantes da engenharia de transportes, pois são grandezas que permitem interpretar como o fluxo se comporta em diferentes condições de operação. Nesse mesmo sentido, o DNIT (2006) apresenta essas variáveis como parte do conjunto básico de conceitos necessários aos estudos de tráfego, mostrando que elas formam a base para análises de capacidade, desempenho e operação viária.

Segundo o HCM (TRB, 2010), o volume de tráfego corresponde à quantidade de veículos que passa por uma seção da via em determinado intervalo de tempo. A velocidade representa a relação entre a distância percorrida e o tempo de deslocamento, geralmente expressa em quilômetros por hora. Já a densidade corresponde à quantidade de veículos que ocupa determinado comprimento da via em um dado instante, normalmente expressa em veículos por quilômetro por faixa.

Ainda de acordo com o HCM (TRB, 2010), a taxa de fluxo corresponde à quantidade equivalente de veículos por hora, calculada a partir de contagens realizadas em intervalos inferiores a uma hora, como períodos de 15 minutos. Essa distinção é importante porque o volume total registrado em uma hora, isoladamente, não revela como os veículos se distribuem dentro desse período. Assim, mesmo que o volume horário não seja elevado, a concentração de muitos veículos em poucos minutos pode produzir condições mais críticas de operação e favorecer a formação de filas.

A CET (1977) também trata o volume como uma das principais variáveis dos estudos de tráfego e fala sobre seu uso em diferentes escalas de tempo, como volume anual, diário e horário. Assim, para estudos operacionais e de capacidade, o volume horário é um dos mais importantes, porque ajuda a identificar os momentos de maior solicitação da via.

2.3 Variações temporais do tráfego, fator de hora pico e formação de filas

O tráfego não se distribui de maneira uniforme ao longo do tempo. Em uma mesma via os volumes observados variam ao longo do dia, da semana e do ano, dependendo do padrão de deslocamentos da população, das atividades urbanas presentes no entorno e das características específicas da via.

O DNIT (2006) destaca que essa variação temporal precisa ser considerada, porque nem sempre é possível realizar contagens contínuas durante longos períodos, o que exige que a análise das amostras de campo seja feita de forma criteriosa, de modo a representar os momentos mais significativos do funcionamento da via. Nesse sentido, a CET (1977) explica que os horários mais carregados tendem a se concentrar nos períodos da manhã e da tarde, enquanto o intervalo entre 12h e 14h também pode apresentar volumes altos.

As horas de pico representam os intervalos de maior solicitação da via, entretanto, mesmo dentro das horas mais carregadas, o fluxo também não se comporta de forma uniforme. O DNIT (2006) afirma que a comparação entre quatro períodos consecutivos de quinze minutos mostra diferenças entre eles e que essa flutuação leva ao estabelecimento do Fator Horário de Pico (FHP), que mede o grau de uniformidade do fluxo dentro da hora de pico. O manual define o FHP como a razão entre o volume da hora de pico (VHP) e quatro vezes o volume do intervalo de quinze minutos com maior fluxo dentro dessa hora (V_{15}).

$$FHP = VHP / (4 \times V_{15}) \quad (1)$$

Segundo o DNIT (2006), o FHP pode variar de 0,25 a 1,00, mas os extremos raramente ocorrem na prática. Geralmente, os valores mais frequentes ficam entre 0,75 e 0,90 e, em áreas urbanas, costumam ficar entre 0,80 e 0,98. Além disso, valores superiores a 0,95 podem indicar volumes elevados de tráfego e, possivelmente, restrições de capacidade durante a hora de pico.

Além dos conceitos e variáveis já apresentados, a observação das filas também é importante para interpretar o desempenho operacional em vias urbanas e complementa a contagem volumétrica. Segundo o TRB (2010), por meio do HCM, as filas se formam quando a chegada de veículos supera a capacidade de atendimento do trecho ou da interseção, quando há fila residual de período anterior ou quando o escoamento é afetado por condições a jusante, como o controle semafórico, a ocorrência de acidentes ou outras obstruções que reduzem a capacidade de circulação. Além disso, essas filas nem sempre desaparecem imediatamente quando a demanda diminui, podendo indicar que a via ainda opera sob elevada pressão.

2.4 Processamento computacional de vídeos aplicado à contagem veicular

O uso de vídeos em estudos de tráfego pode auxiliar na obtenção de contagens veiculares, pois permite registrar o fluxo observado em campo e, posteriormente, organizar os dados em intervalos de tempo definidos, como os períodos de 15 minutos utilizados em análises de volume e FHP. Nessa forma de utilização, o vídeo funciona como uma fonte de dados que pode ser revista, conferida e processada, reduzindo a dependência exclusiva da contagem manual em campo.

Entre as ferramentas que podem ser utilizadas nesse processo, existem modelos de detecção de objetos, como o YOLO (*You Only Look Once*), proposto originalmente por Redmon et al. (2016), que processa a imagem por meio de uma única rede neural e identifica os elementos presentes por meio de caixas delimitadoras e probabilidades associadas às classes detectadas. Entre suas limitações, o modelo pode apresentar erros na localização dos objetos e maior dificuldade na identificação de objetos pequenos.

Neste trabalho, o YOLO foi utilizado por meio da Ultralytics, biblioteca computacional que disponibiliza implementações desses modelos e recursos para tarefas de detecção, rastreamento e contagem. A biblioteca e seus modelos são disponibilizados sob a licença de código aberto, que permite o uso gratuito em pesquisas acadêmicas e trabalhos universitários, desde que sejam respeitadas as condições dessa licença (Ultralytics, 2026a). A documentação da Ultralytics (2026d) apresenta a detecção de objetos como a identificação da localização e da classe de objetos em imagens ou vídeos, com geração de caixas delimitadoras, rótulos e valores

de confiança. Além disso, a Ultralytics (2026c) apresenta a contagem de objetos em vídeos a partir da definição de uma região de interesse, permitindo acompanhar os objetos ao longo dos frames e contabilizá-los conforme sua passagem pela região definida.

Quando combinado ao rastreamento dos objetos detectados, como no caso do ByteTrack descrito por Zhang et al. (2022), esse procedimento permite acompanhar os veículos ao longo dos frames do vídeo e auxiliar na contagem veicular automatizada. No presente estudo, os ajustes envolveram a definição da posição e das dimensões da região de contagem, a configuração do sentido de deslocamento dos veículos, o controle de contagens duplicadas por meio dos identificadores atribuídos durante o rastreamento e a verificação dos resultados mediante comparação com contagens manuais. Esses procedimentos buscaram garantir que a contagem gerada pelo processamento computacional fosse compatível com a realidade observada nos vídeos.

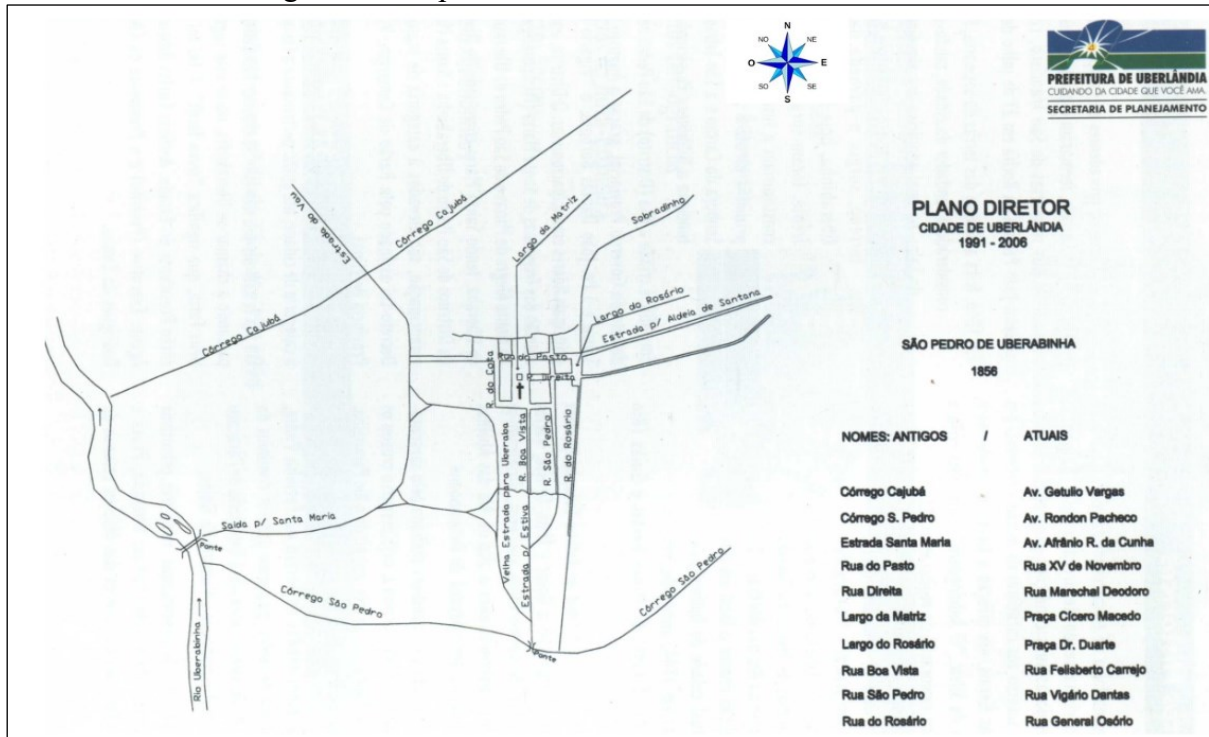
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Origem urbana da via e relação com o Córrego São Pedro

Para contextualizar a Avenida Governador Rondon Pacheco, é necessário retomar o processo de formação urbana de Uberlândia. Segundo a Prefeitura Municipal de Uberlândia (2022c), a origem do município está associada à ocupação do interior de Minas Gerais ao longo do século XIX, com a instalação de fazendas e, posteriormente, com a consolidação de um pequeno povoado. Com o passar do tempo, esse povoado cresceu e deu origem ao município de São Pedro de Uberabinha, em 1888. A denominação Uberlândia foi oficialmente instituída pela Lei Estadual nº 1.128, de 19 de outubro de 1929, para a cidade, o município e a comarca até então denominados Uberabinha (Minas Gerais, 1929, art. 4º). Ao longo desse processo, os cursos d'água tiveram papel fundamental na organização da cidade, pois a ocupação inicial desenvolveu-se entre dois córregos importantes: o Córrego das Galinhas, atualmente associado à Avenida Getúlio Vargas, e o Córrego São Pedro, hoje identificado com a área correspondente à Avenida Rondon Pacheco, conforme apresentado por Macedo, Machado e Lopes (2020).

A Prefeitura de Uberlândia disponibiliza, no acervo cartográfico, mapas históricos da cidade referentes aos anos de 1856 e 1891. A Figura 1, que representa o mapa de 1856, permite perceber uma área urbana ainda reduzida, com poucas vias e forte dependência dos elementos naturais do terreno. Nesse documento, a ocupação aparece concentrada em função dos caminhos existentes e dos córregos que delimitavam a área urbanizada, sendo o Córrego São Pedro uma referência importante dessa configuração inicial (Uberlândia, [2021a]).

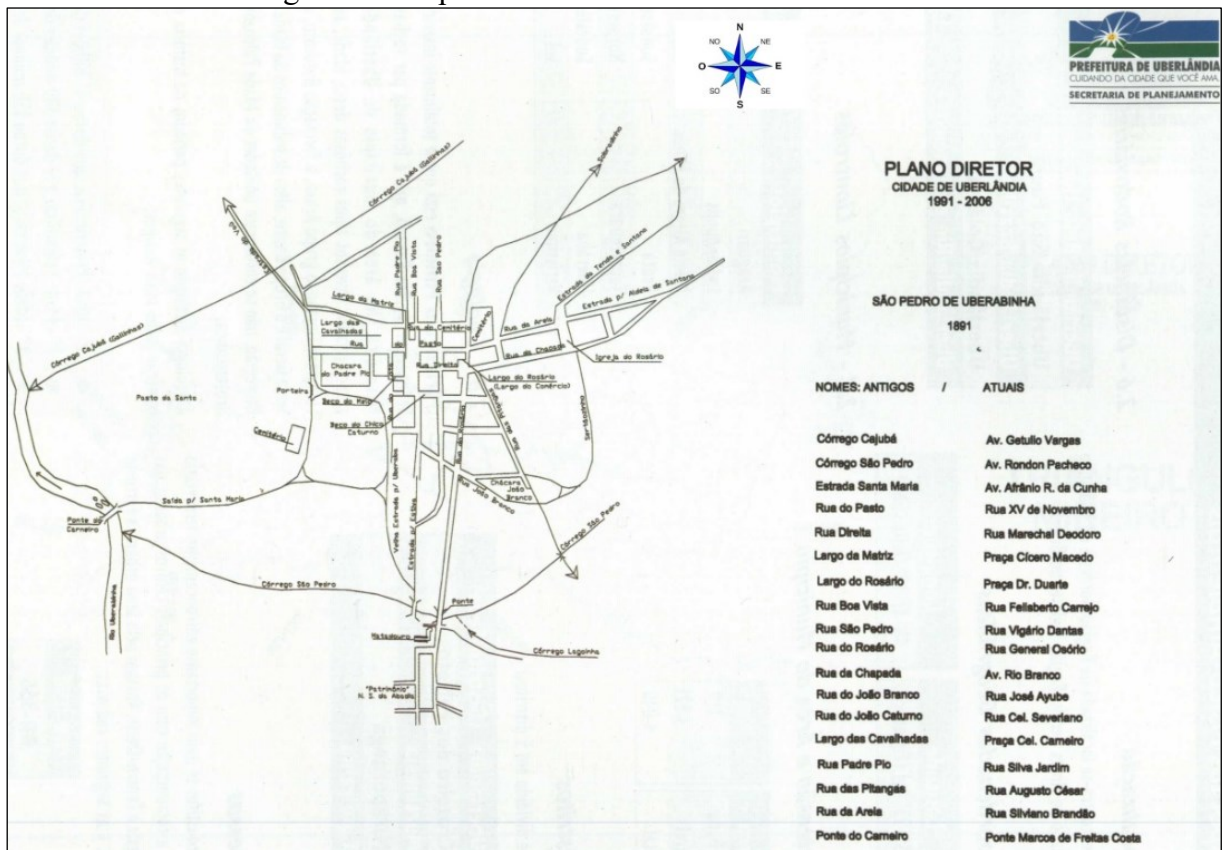
Figura 1 – Mapa de São Pedro de Uberabinha em 1856



Fonte: Adaptado de Uberlândia ([2021a]).

A Figura 2 representa o mapa de 1891, no qual percebe-se um avanço da ocupação urbana, com maior definição do traçado das ruas e ampliação da área urbana em relação ao período anterior. É importante destacar que, mesmo com esse crescimento, os córregos continuam exercendo papel muito importante, funcionando como referências do desenho urbano. A partir dessa base histórica, torna-se possível compreender como a via passou, ao longo do tempo, a assumir papel cada vez mais relevante na circulação urbana do município (Uberlândia, [2021b]).

Figura 2 – Mapa de São Pedro de Uberabinha em 1891



Fonte: Adaptado de Uberlândia ([2021b]).

3.2 Transformação da avenida em eixo de circulação importante

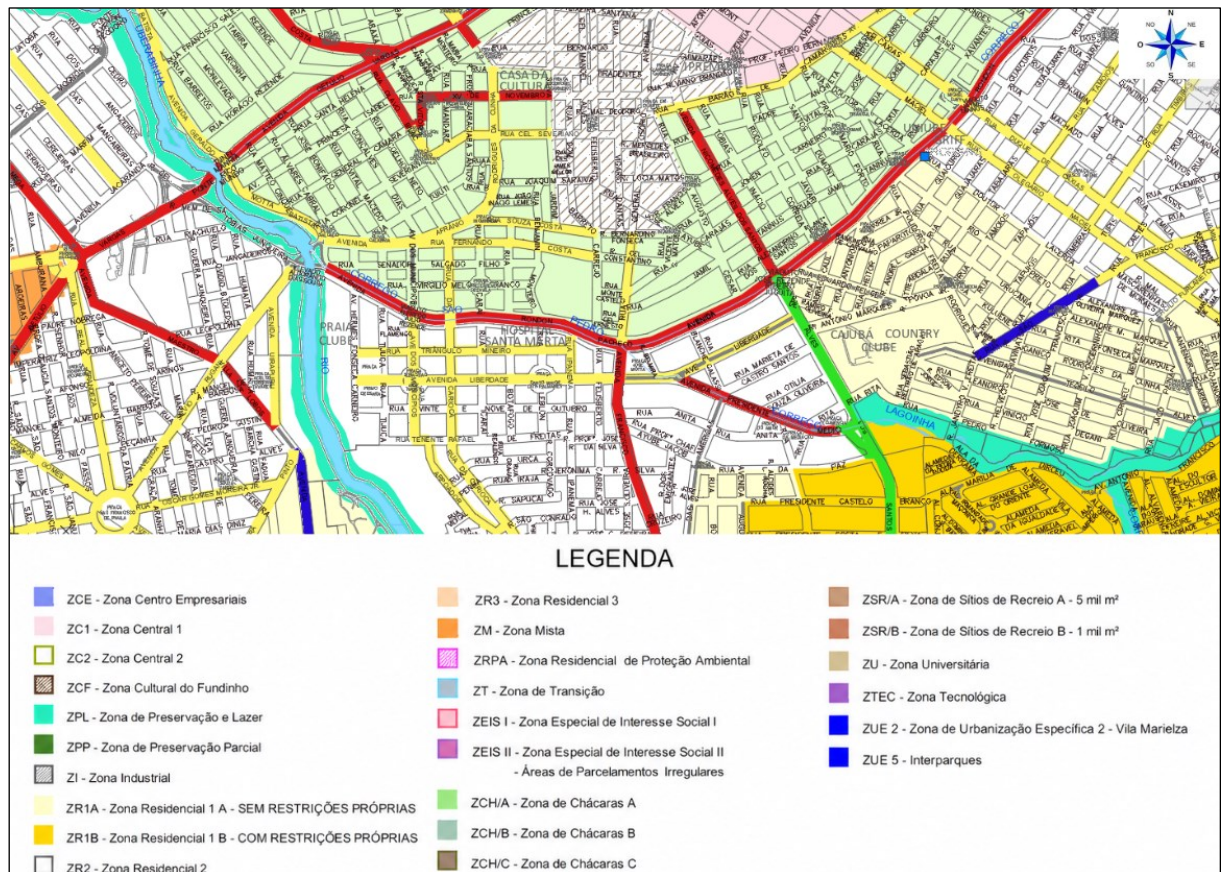
A transformação da Avenida Governador Rondon Pacheco em um dos principais corredores de circulação de Uberlândia não ocorreu de forma isolada, mas acompanhou o próprio processo de planejamento do município. Segundo Silva e Cleps (2013), o Plano Diretor de 1994 trouxe propostas relacionadas à expansão urbana ao longo de eixos de estruturação e à criação do Sistema Integrado de Transportes, aspectos vinculados ao planejamento urbano municipal estabelecido pela Lei Complementar nº 78/1994.

Posteriormente, a Lei Complementar nº 394, de 2005, representou um marco importante ao incluir o eixo da Avenida Rondon Pacheco na zona estrutural do anexo de zoneamento urbano então vigente. Esse enquadramento foi reforçado pela Lei nº 10.686, de 2010, que estabeleceu as diretrizes do sistema viário do município. Essa norma determina que o sistema viário seja compatibilizado com o parcelamento, o zoneamento do uso e ocupação do solo e a mobilidade urbana, além de estabelecer a hierarquização viária a partir da capacidade de tráfego e definir a via estrutural como aquela que constitui a ossatura principal do sistema viário, dando

suporte ao transporte coletivo urbano (Uberlândia, 2005; Uberlândia, 2010, art. 2º; art. 5º, XXXVIII; art. 6º).

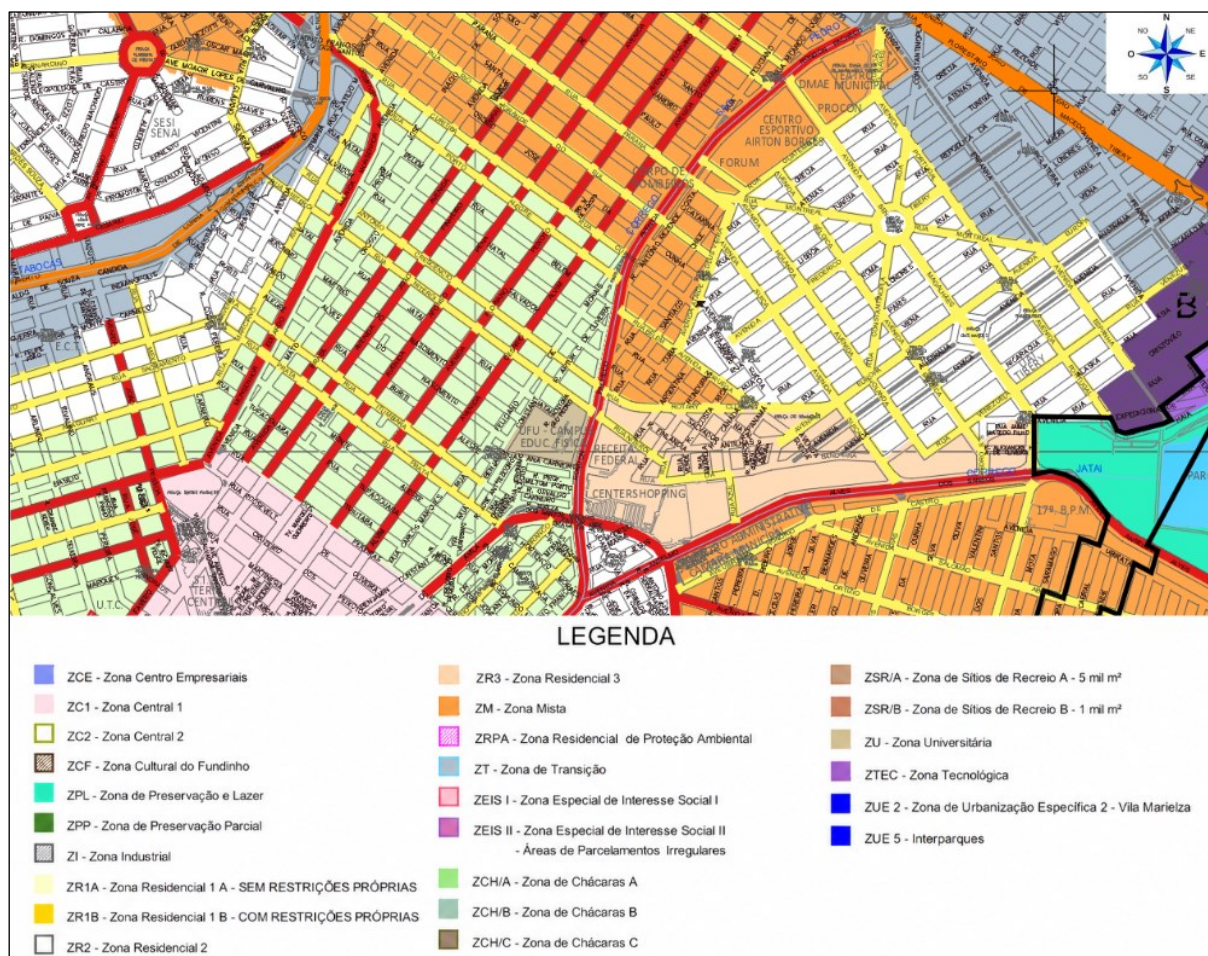
Além do enquadramento da avenida no sistema viário, a leitura do mapa de zoneamento municipal, representado nas Figuras 3 e 4, também contribui para compreender a importância urbana da Avenida Governador Rondon Pacheco. Conforme indicado no mapa, a via atravessa áreas com diferentes categorias de uso e ocupação do solo. No trecho mais a oeste, observa-se a presença de zonas residenciais no entorno da avenida. Ao seguir em direção ao leste, a via passa por zonas mistas, por áreas associadas à preservação e lazer e também por zonas de transição.

Figura 3 – Recorte do trecho mais a oeste do mapa de zoneamento e ocupação do solo



Fonte: Adaptado de Uberlândia (2026).

Figura 4 – Recorte do trecho mais a leste do mapa de zoneamento e ocupação do solo



Fonte: Adaptado de Uberlândia (2026).

3.3 Intervenções e requalificações na via

Em termos históricos sobre intervenções na Avenida Governador Rondon Pacheco, é possível destacar o ciclo de obras iniciado em 2011. Segundo a Prefeitura Municipal de Uberlândia (2021), a avenida passou por ampla requalificação urbana, com serviços de drenagem pluvial, pavimentação, urbanização, sinalização e iluminação em aproximadamente sete quilômetros da via. Essa intervenção também incorporou ciclovias, calçadão e faixas de pedestres, consolidando uma nova configuração física para a avenida.

Posteriormente, a via continuou a receber obras complementares, principalmente voltadas à mobilidade urbana. De acordo com a Prefeitura Municipal de Uberlândia (2022b), em 2021, foi inaugurado o Elevado Aldorando Dias de Souza, sobre o Rio Uberabinha, conectando a Rondon Pacheco à Rua Coronel Tobias Junqueira. Já em 2022, segundo a Prefeitura Municipal de Uberlândia (2022a), foi entregue o viaduto da Avenida dos Municípios,

implantado sobre a Avenida Rondon Pacheco, ampliando as conexões entre bairros e melhorando o acesso a um grande clube da cidade.

3.4 Problemas atuais que justificam o estudo

A escolha da Avenida Governador Rondon Pacheco como objeto de estudo se justifica por sua relevância no sistema viário de Uberlândia e pelos problemas operacionais associados ao elevado fluxo de tráfego. No mesmo sentido, o Plano Diretor de 2025 prevê a necessidade de garantir níveis de serviço adequados nas principais vias de escoamento e a elaboração de estudos técnicos para vias de fluxo de tráfego elevado (Uberlândia, 2025, art. 44, II; art. 45, VIII).

Pesquisas acadêmicas também mostram que os problemas da avenida não se restringem à percepção de congestionamento, mas já se manifestavam tecnicamente nas condições de operação de importantes cruzamentos da via. Souza e Sorratini (2016), ao analisarem interseções da cidade, verificaram aumento de aproximadamente 120% no volume veicular entre 2004 e 2013 no cruzamento da Avenida Rondon Pacheco com a Avenida Nicomedes Alves dos Santos. No cruzamento com a Rua Olegário Maciel, os autores registraram alto volume de tráfego, problemas recorrentes de fluidez, ocorrência de acidentes, presença de polos geradores de viagens e limitações geométricas.

Embora, atualmente, os pontos citados pelo estudo tenham passado por intervenções viárias, incluindo a implantação de viadutos, os resultados do estudo permanecem relevantes pois mostram que a Avenida Rondon Pacheco já apresentava elevada demanda de tráfego e condições operacionais críticas.

Assim, a Avenida Rondon Pacheco apresenta características que a tornam adequada para um estudo de tráfego, pois se trata de uma via estrutural, com fluxo elevado, inserida em área central e conectada a importantes polos urbanos, condição que favorece a ocorrência de conflitos operacionais e variações relevantes nas condições de circulação ao longo do dia.

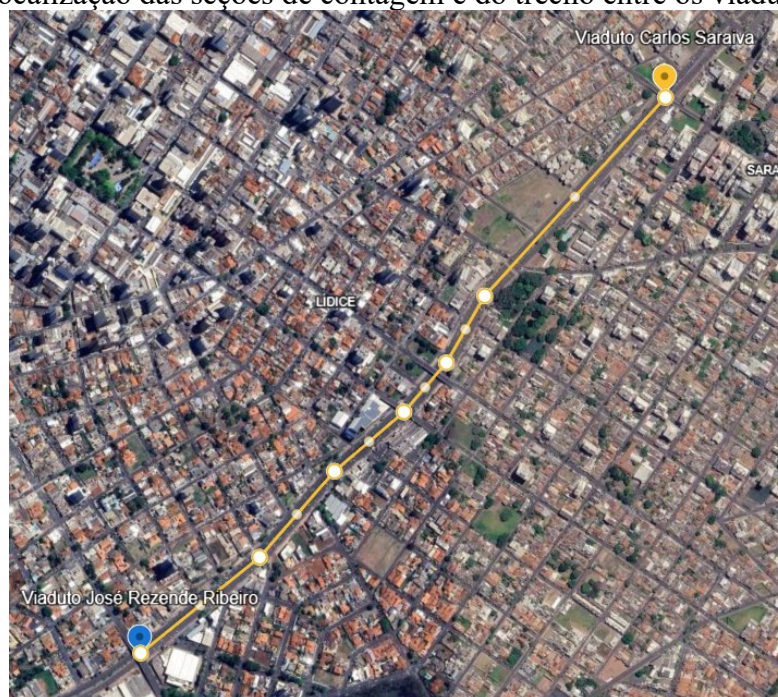
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo e definição das seções de contagem

A área de estudo corresponde à Avenida Governador Rondon Pacheco, localizada na cidade de Uberlândia-MG, onde foram selecionadas e delimitadas duas seções de contagem volumétrica. As seções foram selecionadas inicialmente por estarem localizadas próximas a viadutos existentes na avenida, o que proporcionaria a possibilidade de obter imagens de forma segura. Além disso, a escolha desses pontos baseou-se nas características do entorno de cada ponto, da possibilidade de observar o fluxo veicular a partir da parte de cima do viaduto, facilitando o enquadramento da pista e o registro da passagem dos veículos pela seção analisada, além de ambos não possuírem interseção semafórica imediatamente abaixo ao viaduto, o que torna as seções com características operacionais semelhantes.

A Figura 5 apresenta a localização das duas seções de contagem e o trecho da Avenida Governador Rondon Pacheco compreendido entre os viadutos Carlos Saraiva e José Rezende Ribeiro. O trecho destacado possui extensão aproximada de 1,675 km, medida ao longo da avenida por meio da ferramenta de medição do Google Earth.

Figura 5 – Localização das seções de contagem e do trecho entre os viadutos analisados



Fonte: Adaptado de Google Earth (2026).

A Seção 1, apresentada na Figura 6, corresponde ao Viaduto Carlos Saraiva, localizado no cruzamento da Rua Joaquim Cordeiro com a Avenida Governador Rondon Pacheco. Nas proximidades desse ponto, é importante destacar a presença de um grande shopping, uma escola de grande porte e um campus da Universidade Federal de Uberlândia, além da ligação da avenida em direção ao setor leste, onde existe uma rodovia de acesso ao setor industrial.

Figura 6 – Viaduto Carlos Saraiva sentido zona oeste



Fonte: Google Maps (2026a).

A Seção 2, apresentada na Figura 7, corresponde ao Viaduto José Rezende Ribeiro, localizado no cruzamento da Avenida Nicomedes Alves dos Santos com a Avenida Governador Rondon Pacheco. Nas proximidades desse ponto, é importante destacar a presença de unidades escolares, de acessos em direção a bairros residenciais da zona oeste e de um grande clube da cidade.

Figura 7 – Viaduto José Rezende Ribeiro sentido zona oeste



Fonte: Google Maps (2026b).

4.2 Planejamento da coleta de dados e equipamentos

Conforme o DNIT (2006), as contagens volumétricas têm como finalidade determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou mais pontos selecionados do sistema viário em determinada unidade de tempo. O manual diferencia as contagens realizadas em trechos entre interseções daquelas realizadas em interseções, indicando

que as primeiras buscam identificar os fluxos de uma determinada via, que é o caso desse trabalho, enquanto as segundas são voltadas ao levantamento dos fluxos das vias que se interceptam e de seus ramos de ligação.

As filmagens foram organizadas em três faixas horárias. Os períodos adotados foram: 06h45 às 08h15, 11h45 às 13h15 e 16h45 às 18h15. Esses horários foram escolhidos por representarem o período da manhã, o período intermediário do dia e o período da tarde, respectivamente. Nesses intervalos podem ocorrer variações importantes no comportamento do tráfego considerando os horários de início e fim das atividades que são realizadas próximas às seções selecionadas.

Para a organização dos resultados, os vídeos foram divididos em intervalos de 15 minutos, assim, além do volume total registrado em cada faixa horária, também é possível analisar o comportamento do tráfego ao longo de cada faixa por meio de intervalos.

A coleta em campo foi realizada em dias úteis, sendo a terça-feira como dia de coleta nas duas seções de contagem. A Seção 1, do Viaduto Carlos Saraiva foi filmada no dia 28 de abril de 2026, enquanto a Seção 2, do Viaduto José Rezende Ribeiro foi realizada no dia 5 de maio de 2026. Nesse sentido, a escolha do mesmo dia da semana foi para minimizar possíveis variações relacionadas a diferentes padrões de deslocamento dos usuários.

Em cada seção, a filmagem foi realizada de modo a permitir a observação dos dois sentidos de circulação da Avenida Rondon Pacheco. Assim, não foi necessário realizar filmagens separadas para cada sentido. Neste trabalho, o sentido oeste-leste corresponde ao deslocamento pela Avenida Rondon Pacheco em direção ao setor leste da cidade, enquanto o sentido leste-oeste corresponde ao deslocamento no sentido oposto, em direção ao setor oeste.

As filmagens foram realizadas com o uso de um *smartphone iPhone 14*, fixado em um tripé de alumínio com altura regulável que foi mantido fixo durante toda a duração de cada gravação, visando ter o mesmo enquadramento ao longo dos períodos de 1 hora e 30 minutos. Os vídeos foram gravados em resolução 1080p, a 60 quadros por segundo, no formato de arquivo de vídeo QuickTime (MOV), e depois utilizados no processamento computacional para a contagem veicular.

4.3 Processamento dos vídeos e contagem veicular

Após a realização das filmagens, os vídeos foram processados por meio de um programa computacional desenvolvido para identificar, rastrear e contabilizar os veículos observados nas seções de contagem.

Na etapa de detecção, o YOLO identifica os objetos presentes na imagem por meio de caixas delimitadoras, classes e valores de confiança. Dessa forma, os veículos são reconhecidos ao longo dos frames e passam a ser utilizados nas etapas seguintes do processamento. De acordo com a Ultralytics (2026d), a detecção de objetos em imagens ou vídeos envolve a identificação da localização e da classe dos objetos, com geração de caixas delimitadoras, rótulos e valores de confiança. Além da detecção, o processamento utiliza rastreamento dos objetos identificados, de forma que cada veículo possa ser acompanhado ao longo dos frames do vídeo. A documentação da Ultralytics (2026b) apresenta esse modo de rastreamento como uma aplicação voltada ao acompanhamento de objetos em vídeos, possibilitando a manutenção de identificadores entre frames. Para essa etapa, foi utilizado o ByteTrack, método de rastreamento multiobjeto descrito por Zhang et al. (2022).

Durante o desenvolvimento e calibração do programa, foram realizados ajustes para melhorar a consistência da contagem. Como o código utilizado permite alterações, foi possível adequar a região de contagem, o sentido de deslocamento e os mecanismos de controle de duplicidade conforme os testes realizados nos vídeos.

Inicialmente, a contagem era feita a partir da passagem dos veículos por uma linha definida no vídeo. Essa linha foi posicionada em uma região onde os veículos apresentavam melhor visibilidade, especialmente quando estavam mais próximos da câmera, favorecendo a identificação dos automóveis pelo modelo pois quanto mais próximo, mais elementos visuais o modelo tem para reconhecer a classe de veículo. Entretanto, nos testes iniciais, foi perceptível que alguns veículos não eram contabilizados quando o ponto de referência passava pela linha entre determinados frames. Por esse motivo, a lógica de contagem foi adaptada para uma faixa retangular, aumentando a área de verificação da passagem dos veículos.

Após essa alteração, também foi necessário ajustar o controle de duplicidade, pois alguns veículos permaneciam por mais tempo dentro da faixa retangular e poderiam ser contabilizados mais de uma vez. Para reduzir esse problema, o programa passou a utilizar o identificador atribuído a cada veículo durante o rastreamento, de uma forma que, depois de contabilizado, esse mesmo identificador ficava registrado como já contado. Além disso, a contagem era realizada apenas quando o ponto de referência do veículo, definido na parte inferior da caixa de detecção, entrava na faixa retangular e apresentava deslocamento compatível com o sentido analisado. Assim, mesmo que o veículo continuasse visível por vários frames dentro da região de contagem, ele não era registrado novamente no mesmo processamento.

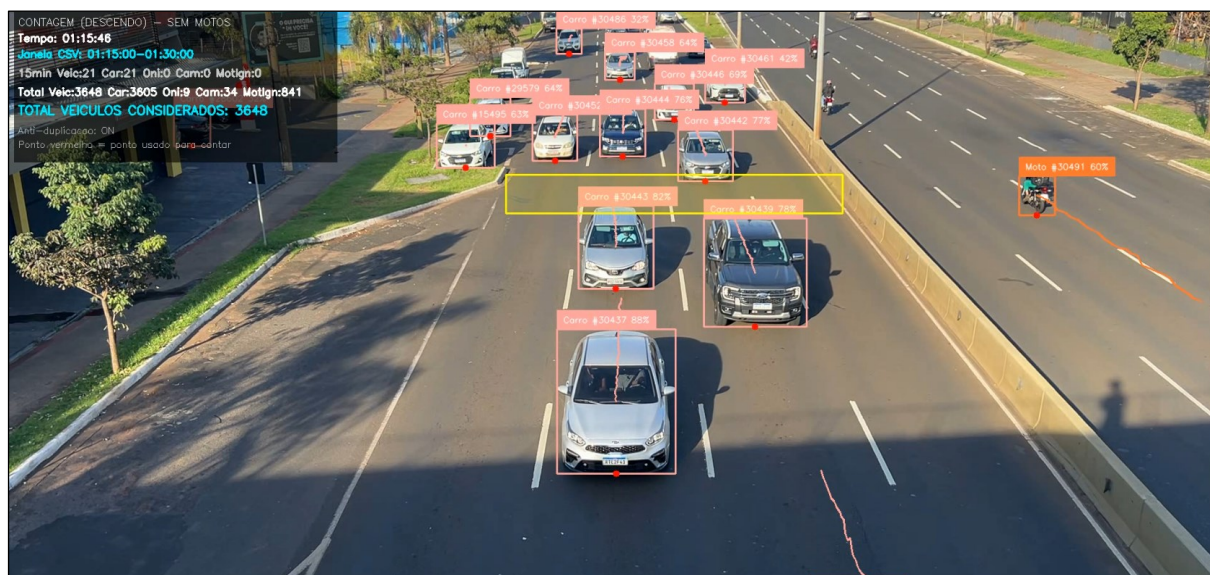
Também foram testados diferentes modelos da família YOLO, considerando versões e tamanhos diferentes, com o objetivo de equilibrar a precisão de detecção e tempo de processamento. Após os testes, foi adotado o modelo que apresentou melhor desempenho prático para os vídeos analisados, considerando a qualidade da contagem e o tempo necessário para processar as gravações. Essa etapa foi importante porque nos primeiros testes o tempo estimado de processamento de um vídeo completo era de 18 horas, e após ajustes no modelo e no código, esse tempo foi reduzido para 4 horas.

Para a contagem final foi definida uma faixa retangular no vídeo, ajustada manualmente para cada gravação de acordo com o enquadramento da pista e o sentido de circulação analisado. Como cada filmagem permitiu observar os dois sentidos de circulação da Avenida Governador Rondon Pacheco, o mesmo vídeo foi processado em duas etapas: uma para o sentido oeste–leste e outra para o sentido leste–oeste.

O código utilizado permite considerar diferentes classes de veículos, como carros, motos, ônibus e caminhões. Nesse sentido, a análise principal foi focada nos automóveis, ônibus e caminhões, pois são as classes de maior interesse para a análise do comportamento do fluxo e das condições de circulação. Ao final do processamento, o programa gera um relatório em formato de valores separados por vírgulas (CSV, do inglês Comma-Separated Values), organizado em intervalos de 15 minutos.

Na Figura 8 é exibido o programa em funcionamento, onde é possível visualizar o retângulo de contagem, os veículos sendo “lidos” pelo modelo e um contador visual que mostra quantos veículos já passaram em determinado intervalo de tempo.

Figura 8 – Exemplo do programa em funcionamento no Viaduto Carlos Saraiva, sentido de tráfego para zona leste no período intermediário



Fonte: Autor (2026).

Para verificar a consistência da contagem automatizada (Ca), em cada seção, período e sentido analisado, foi selecionado aleatoriamente um intervalo de três minutos do vídeo, no qual foi realizada a contagem manual (Cm) dos veículos para depois comparar com a contagem gerada pelo processamento computacional. A contagem manual foi adotada como valor de referência para estimar a acurácia do sistema.

$$\text{Acurácia} = (1 - (|C_m - C_a| / C_m)) \times 100 \quad (2)$$

Nos testes realizados foram analisadas 12 amostras de três minutos, contemplando as duas seções de contagem, os três períodos do dia e os dois sentidos de circulação. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos e considerando as diferenças absolutas entre os valores manuais e automáticos em cada amostra, obteve-se acurácia média aproximada de 98,51% e o menor valor observado foi de 95,59%. Sendo assim, acredita-se que o código está ajustado de forma satisfatória para o objetivo do trabalho.

Tabela 1 – Resultados obtidos na contagem manual comparada à contagem automatizada

Seção	Período	Sentido	Contagem manual	Contagem automática	Diferença absoluta	Acurácia
Carlos Saraiva	Manhã	Oeste-Leste	141	140	1	99,29%
Carlos Saraiva	Manhã	Leste-Oeste	136	130	6	95,59%
Carlos Saraiva	Intermediário	Oeste-Leste	145	147	2	98,62%
Carlos Saraiva	Intermediário	Leste-Oeste	149	148	1	99,33%
Carlos Saraiva	Tarde	Oeste-Leste	110	108	2	98,18%
Carlos Saraiva	Tarde	Leste-Oeste	87	87	0	100,00%
José Rezende Ribeiro	Manhã	Oeste-Leste	256	259	3	98,83%
José Rezende Ribeiro	Manhã	Leste-Oeste	90	92	2	97,78%
José Rezende Ribeiro	Intermediário	Oeste-Leste	174	178	4	97,70%
José Rezende Ribeiro	Intermediário	Leste-Oeste	123	123	0	100,00%
José Rezende Ribeiro	Tarde	Oeste-Leste	150	150	0	100,00%
José Rezende Ribeiro	Tarde	Leste-Oeste	127	131	4	96,85%

Fonte: Autor (2026).

4.4 Organização, tratamento dos dados, variáveis analisadas

Após o processamento dos vídeos, com os resultados em CSV, a organização dos dados foi feita considerando os intervalos de 15 minutos definidos na etapa de planejamento da coleta. Dessa forma, cada faixa horária de 1 hora e 30 minutos foi dividida em seis intervalos, possibilitando observar a variação do fluxo veicular ao longo de cada período.

As informações foram consolidadas em planilhas, contendo a identificação da seção de contagem, a data da coleta, o período analisado, o sentido de circulação, o horário inicial e final de cada intervalo e o volume veicular registrado, o que permite a elaboração de tabelas e gráficos comparativos.

As principais variáveis analisadas nesse trabalho foram o volume veicular por intervalo de 15 minutos, o volume total por faixa horária, o sentido de circulação, o período do dia, o Fator Horário de Pico (FHP) e a seção de contagem. A partir dessas variáveis, é possível comparar o comportamento do fluxo entre as seções analisadas, entre os sentidos oeste-leste e leste-oeste, e entre os períodos da manhã, intermediário e tarde.

Para o cálculo do Fator Horário de Pico (FHP), segundo o que foi apresentado na fundamentação teórica, foram considerados quatro intervalos consecutivos de 15 minutos, correspondentes a uma hora de observação. Como cada faixa horária de coleta possui duração de 1 hora e 30 minutos, foram avaliadas três combinações consecutivas de uma hora dentro de cada período, para cada seção, sentido e período analisado. Assim, foi adotada no cálculo do FHP a combinação que apresentou o maior volume veicular.

Como exemplo, na Seção 1, no sentido oeste–leste, durante o período da manhã, foram avaliadas as combinações das 06h45 às 07h45, 07h00 às 08h00 e 07h15 às 08h15, que apresentaram, respectivamente, 2.825, 3.022 e 3.079 veículos. Dessa forma, foi adotada a combinação das 07h15 às 08h15, por apresentar o maior volume veicular. Nessa combinação, o maior intervalo de 15 minutos registrou 802 veículos, resultando em FHP igual a 0,960.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Organização geral dos resultados obtidos

Os resultados foram organizados a partir de 12 observações. Em cada observação, a janela de 1h30 foi dividida em seis intervalos de 15 minutos, permitindo a leitura do volume total do período e ao longo dos intervalos. Na Tabela 2 são apresentados os resultados gerais utilizados na discussão do capítulo.

Tabela 2 – Síntese dos volumes totais e do FHP por seção, sentido e período

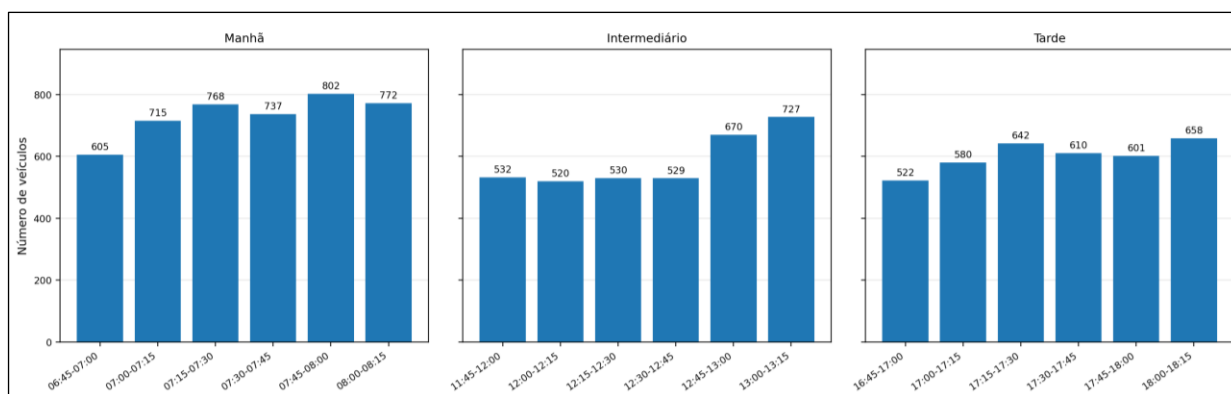
SEÇÃO	SENTIDO	PERÍODO	VOLUME TOTAL (1H30)	FHP
Seção 1	Oeste–leste	Manhã	4399	0,960
Seção 1	Leste–oeste	Manhã	3916	0,836
Seção 1	Oeste–leste	Intermediário	3508	0,845
Seção 1	Leste–oeste	Intermediário	3822	0,953
Seção 1	Oeste–leste	Tarde	3613	0,954
Seção 1	Leste–oeste	Tarde	4430	0,963
Seção 2	Oeste–leste	Manhã	5489	0,945
Seção 2	Leste–oeste	Manhã	3256	0,930
Seção 2	Oeste–leste	Intermediário	3887	0,892
Seção 2	Leste–oeste	Intermediário	3521	0,837
Seção 2	Oeste–leste	Tarde	4092	0,921
Seção 2	Leste–oeste	Tarde	4410	0,949

Fonte: Autor (2026).

5.2 Resultados da Seção 1

Nos gráficos apresentados na Figura 9 estão os dados da Seção 1, correspondente ao Viaduto Carlos Saraiva. O sentido oeste-leste apresentou seu maior volume total na parte da manhã, com 4.399 veículos nesse intervalo. Dentro desse período, o intervalo mais carregado foi das 07h45 às 8h, com 802 veículos. Já no período intermediário e na tarde, os volumes totais foram de 3.508 e 3.613 veículos, respectivamente.

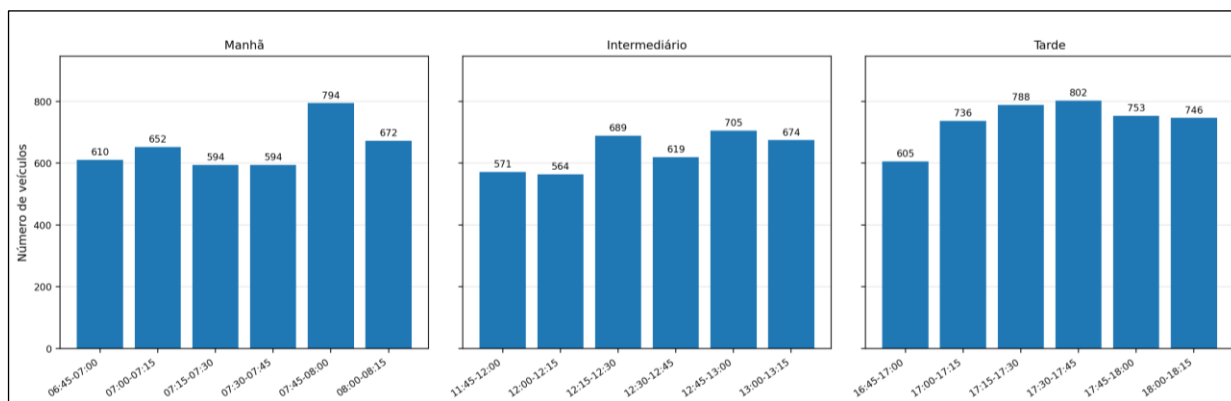
Figura 9 – Volume veicular por intervalo de 15 minutos na Seção 1 sentido oeste-leste



Fonte: Autor (2026).

Nos gráficos apresentados na Figura 10 estão os dados da Seção 1, no sentido leste-oeste. O maior volume veicular foi observado no fim da tarde, com 4.430 veículos na janela das 16h45 às 18h15. Nessa faixa, o intervalo das 17h30 às 17h45 apresentou 802 veículos, sendo o intervalo de 15 minutos mais carregado. Na manhã, o volume total foi de 3.916 veículos, com pico de 794 veículos entre 07h45 e 08h, enquanto o período intermediário registrou 3.822 veículos e pico de 705 veículos entre 12h45 e 13h00.

Figura 10 – Volume veicular por intervalo de 15 minutos na Seção 1 sentido leste-oeste



Fonte: Autor (2026).

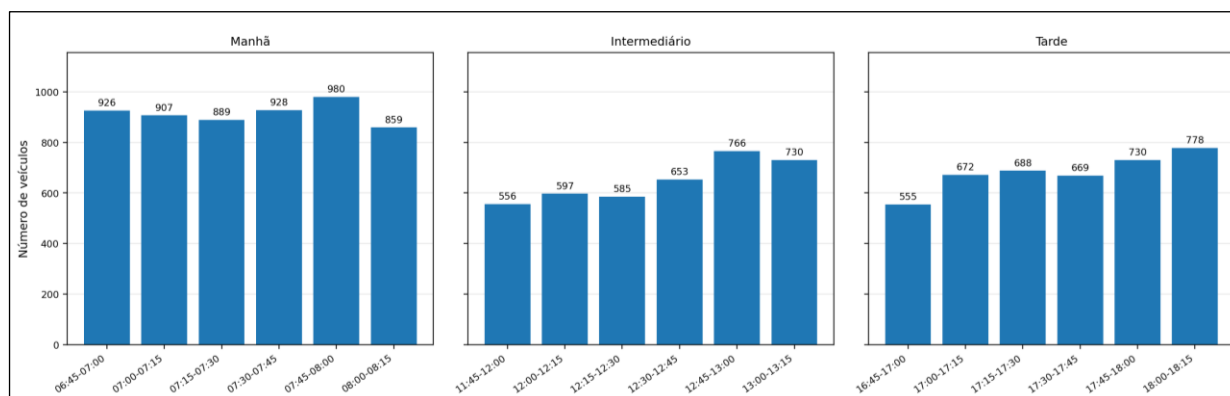
Os resultados da Seção 1 demonstram comportamentos diferentes conforme o sentido de circulação e o período de análise. No sentido oeste-leste, o período da manhã apresentou o maior volume veicular, enquanto no sentido leste-oeste a situação de maior volume ocorreu no fim da tarde. No período da manhã, o maior fluxo no sentido oeste-leste pode estar relacionado a deslocamentos originados em áreas residenciais da zona oeste, seguindo pela Rondon Pacheco em direção a trechos com maior diversidade de usos indicados pelo mapa de zoneamento municipal (Figuras 3 e 4), como zonas mistas, zona de preservação e lazer e zonas de transição.

No fim do dia, o aumento do fluxo no sentido leste-oeste pode estar associado ao movimento de retorno desses deslocamentos.

5.3 Resultados da Seção 2

Nos gráficos apresentados na Figura 11 estão os dados da Seção 2, correspondente ao Viaduto José Rezende Ribeiro. O sentido oeste-leste apresentou os maiores volumes do conjunto analisado. Na manhã, o volume total chegou a 5.489 veículos, com pico de 980 veículos entre 07h45 e 08h. No período intermediário e na tarde, os volumes totais foram de 3.887 e 4.092 veículos, respectivamente, com picos de 766 e 778 veículos.

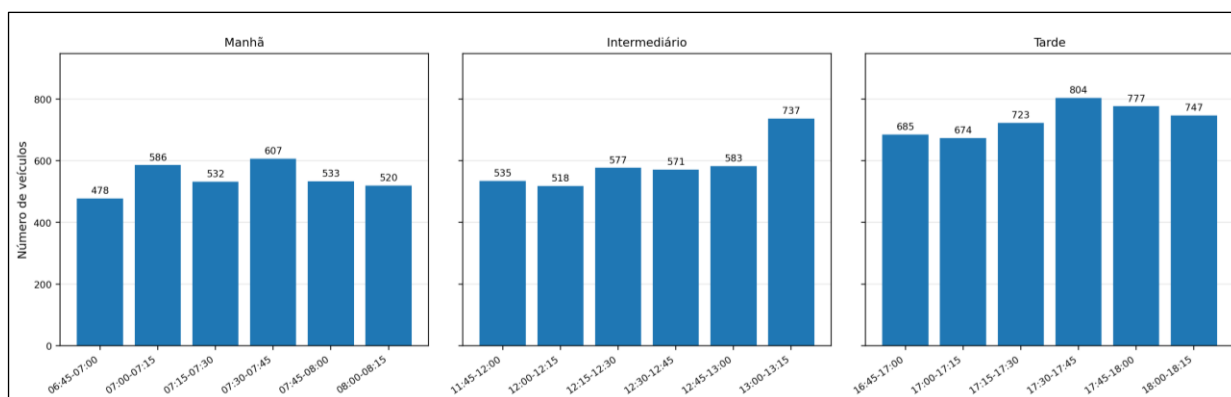
Figura 11 – Volume veicular por intervalo de 15 minutos na Seção 2 sentido oeste-leste



Fonte: Autor (2026).

No sentido leste-oeste, apresentado na Figura 12, a Seção 2 apresentou menor volume na manhã, com 3.256 veículos, e maior carga na tarde, com 4.410 veículos. O pico na manhã foi de 607 veículos entre 07h30 e 07h45, enquanto os maiores intervalos do período intermediário e da tarde foram de 737 veículos entre 13h00 e 13h15 e de 804 veículos entre 17h30 e 17h45, respectivamente.

Figura 12 – Volume veicular por intervalo de 15 minutos na Seção 2 sentido leste-oeste



Fonte: Autor (2026).

Na Seção 2, assim como aconteceu na Seção 1, o sentido oeste-leste apresentou seu maior volume veicular no período da manhã, enquanto o sentido leste-oeste apresentou maior solicitação no fim da tarde. A diferença é que, na Seção 2, os volumes do sentido oeste-leste foram mais elevados do que os da Seção 1 em todos os períodos analisados. Esse comportamento pode estar relacionado ao fato de que a Seção 2 está mais próxima do início da Rondon Pacheco no sentido da zona oeste, onde existem acessos a grandes áreas residenciais e sendo assim, esse ponto tende a ter um maior número de viagens no início do deslocamento da manhã.

Já a Seção 1, por estar em trecho mais adiante da avenida, próximo ao setor central, pode registrar parte desse fluxo disperso para outros acessos. Isso mostra que as duas seções, mesmo sendo da mesma avenida, não apresentam o comportamento de tráfego idêntico ao longo do dia.

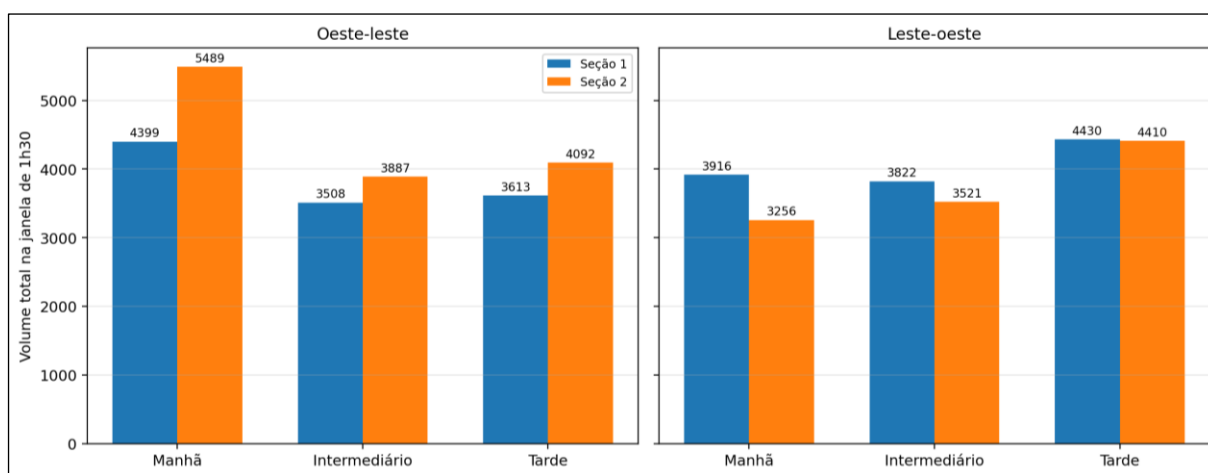
5.4 Comparação entre seções, sentidos e períodos

Quando se comparam as duas seções no sentido oeste-leste, conforme apresentado na Figura 13, observa-se que a Seção 2 apresentou volumes veiculares superiores em todos os períodos do dia. A diferença foi mais expressiva na manhã, quando a Seção 2 registrou 5.489 veículos contra 4.399 veículos da Seção 1, diferença de 1.090 veículos, o que representa aumento de aproximadamente 24,8% em relação à Seção 1. No período intermediário e na tarde, as diferenças foram de 379 e 479 veículos, correspondendo a aumentos aproximados de 10,8% e 13,3%, respectivamente.

No sentido leste-oeste, a Seção 1 apresentou volumes superiores aos da Seção 2 na manhã e no período intermediário, com diferenças de 660 e 301 veículos, respectivamente.

Esses valores correspondem a aumentos aproximados de 20,3% e 8,5% em relação à Seção 2. No fim da tarde, os resultados das duas seções ficaram praticamente equilibrados, com 4.430 veículos na Seção 1 e 4.410 veículos na Seção 2, diferença de apenas 20 veículos, equivalente a aproximadamente 0,5%.

Figura 13 – Comparação dos volumes totais por seção, período e sentido



Fonte: Autor (2026).

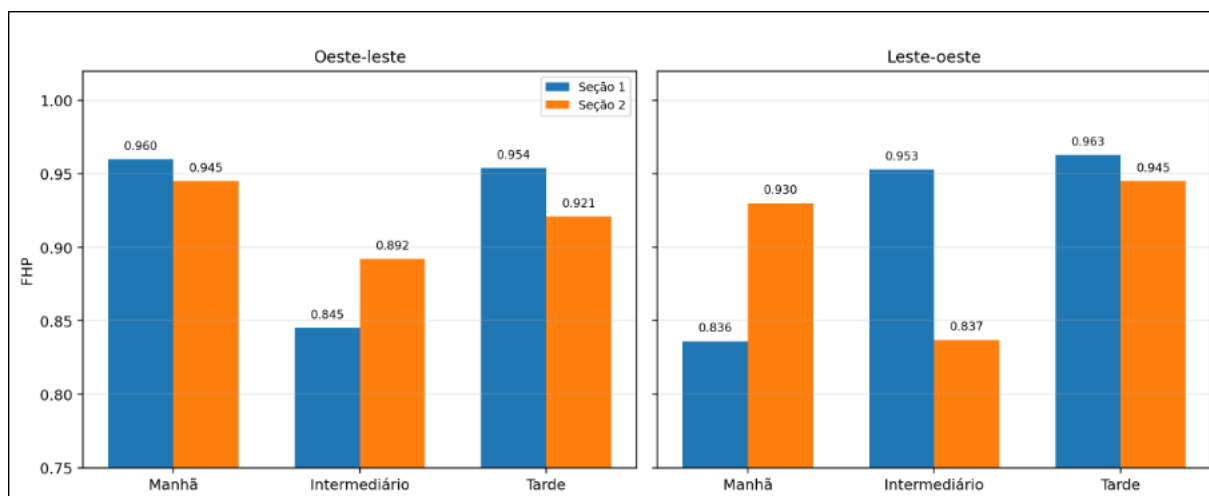
Pelos dados apresentados na Figura 13, a Seção 2 foi mais carregada no sentido oeste-leste, principalmente pela manhã, enquanto a Seção 1 apresentou maiores volumes veiculares no sentido leste-oeste nos três períodos analisados.

Além disso, quando se observam os gráficos por intervalo de 15 minutos, percebe-se que, no período intermediário, os maiores volumes tenderam a se concentrar nos intervalos finais da janela de 1 hora e 30 minutos analisada, especialmente entre 12h45 e 13h15. Esse comportamento pode estar relacionado ao horário de almoço e também ao início e término dos turnos escolares.

5.5 Análise do Fator Horário de Pico (FHP)

Na Figura 14 são exibidos os valores obtidos de FHP para seção, período e sentido. Observa-se que valores variaram de 0,836 a 0,963. Com isso, todas as observações ficaram dentro da faixa indicada pelo DNIT para áreas urbanas, onde valores mais frequentes costumam ficar entre 0,80 e 0,98. Os menores resultados apareceram na Seção 1, sentido leste-oeste, pela manhã (0,836), na Seção 2, sentido leste-oeste, no período intermediário (0,837), e na Seção 1, sentido oeste-leste, também no período intermediário (0,845). Nesses casos, o fluxo ficou mais concentrado em alguns intervalos de 15 minutos dentro da hora de pico analisada.

Figura 14 – Comparação do Fator Horário de Pico (FHP) por seção, período e sentido



Fonte: Autor (2026).

Já os maiores valores de FHP foram observados na Seção 1, sentido leste-oeste, na tarde (0,963), na Seção 1, sentido oeste-leste, na manhã (0,960), e na Seção 1, sentido oeste-leste, na tarde (0,954). Segundo o DNIT (2006), valores acima de 0,95 podem estar relacionados a volumes elevados de tráfego e, em alguns casos, a restrições de capacidade durante a hora de pico. Mesmo assim, nesses resultados essa interpretação deve ser vista de forma complementar, já que não foram analisadas outras variáveis como atraso, velocidade de percurso e condições de operação nas interseções.

5.6 Discussão geral dos resultados

Considerando o conjunto dos resultados, a parte da manhã concentrou as condições de maior volume veicular no sentido oeste-leste, principalmente na Seção 2, enquanto o fim da tarde apresentou os maiores volumes veiculares no sentido leste-oeste nas duas seções.

Em termos urbanos, pode-se interpretar que, no início do dia, a via recebe maior demanda de usuários em deslocamento a partir de áreas residenciais em direção ao centro e a polos de trabalho e no fim do dia, esse movimento tende a se inverter, favorecendo o aumento do fluxo veicular no sentido de retorno para casa.

Os dados também mostram que o período intermediário apresentou de maneira geral volumes veiculares inferiores aos da manhã e da tarde. Além disso, nos resultados, os maiores intervalos de 15 minutos desse período ocorreram próximos às 13h, o que pode estar relacionado aos deslocamentos para o almoço e a troca de turno de atividades escolares.

Outro ponto observado durante a conferência dos vídeos foi a presença de indícios visuais de retenções e formação de filas em interseções localizadas à frente das seções analisadas, principalmente nos intervalos de maior volume veicular. Essa observação, no entanto, foi feita de forma qualitativa, sem uma medição específica da extensão das filas, do tempo de permanência ou do momento exato em que elas passaram a influenciar a seção de contagem. Por isso, esse aspecto não foi tratado como variável formal da pesquisa, mas apenas como uma percepção complementar para ajudar na interpretação dos períodos de maior carregamento da via.

Para trabalhos futuros, recomenda-se aprofundar a análise das retenções observadas nos vídeos, identificando em quais intervalos ocorreu formação de filas, se essas filas chegaram ou não até as seções de contagem e quais condições estavam associadas a esse comportamento. Também seria interessante incluir variáveis como extensão da fila, tempo de dissipação, atraso, velocidade média e influência das interseções à frente das seções analisadas, permitindo uma avaliação mais completa das condições operacionais da avenida.

6 CONCLUSÃO

Com a análise das duas seções da Avenida Rondon Pacheco, foi possível perceber que a via não se comporta da mesma forma em toda a sua extensão. Mesmo sendo parte do mesmo corredor viário, os dois pontos analisados apresentam diferenças ao longo do dia e entre os sentidos de circulação.

Os resultados mostram que, no período da manhã, o sentido oeste-leste concentrou os maiores volumes veiculares, principalmente na Seção 2. Já no fim da tarde, o sentido leste-oeste passou a apresentar os maiores valores nas duas seções. Esse comportamento pode estar relacionado à dinâmica urbana da avenida, já que, pela manhã, o maior fluxo no sentido oeste-leste pode estar associado a deslocamentos originados em áreas residenciais da zona oeste, seguindo pela Rondon Pacheco em direção a trechos com maior diversidade de usos indicados pelo zoneamento municipal. No fim do dia, esse movimento tende a se inverter, com aumento do fluxo no sentido de retorno.

Também foi possível perceber que o período intermediário, mesmo com volumes veiculares menores que os da manhã e da tarde na maior parte dos casos, continuou apresentando valores relevantes, principalmente próximos às 13h, o que pode estar relacionado ao horário de almoço e às trocas de turnos escolares.

Outro ponto importante foi a diferença entre as duas seções. A Seção 2 apresentou volumes mais altos no sentido oeste-leste em todos os períodos analisados, enquanto a Seção 1 apresentou maiores valores no sentido leste-oeste também nos três períodos. No entanto, no fim da tarde, os volumes no sentido leste-oeste ficaram praticamente iguais entre as duas seções.

Em relação ao FHP, os valores encontrados variaram de 0,836 a 0,963, ficando dentro da faixa mais frequente indicada pelo DNIT (2006) para áreas urbanas. Esse indicador ajudou a mostrar que, em alguns casos, o fluxo ficou mais concentrado em poucos intervalos de 15 minutos, enquanto, em outros, a distribuição ao longo da hora de pico foi mais uniforme.

No geral, as principais diferenças encontradas foram o maior carregamento da Seção 2 no sentido oeste-leste, principalmente pela manhã, quando seu volume foi aproximadamente 24,8% superior ao da Seção 1, e os maiores volumes da Seção 1 no sentido leste-oeste. Nesse último sentido, porém, os resultados do fim da tarde ficaram praticamente equilibrados, com diferença de apenas 0,5% entre as seções. Além disso, foi observada a predominância do sentido oeste-leste pela manhã e do sentido leste-oeste no fim da tarde, enquanto o período intermediário apresentou, de maneira geral, volumes menores.

A contagem por vídeo se mostrou adequada para esse tipo de análise, já que permitiu organizar e comparar os resultados de forma clara. Ainda assim, alguns desafios foram encontrados durante o processo. A coleta exige disponibilidade de equipamento, local adequado para o posicionamento da câmera, espaço de armazenamento para os vídeos e tempo para o processamento dos arquivos. Além disso, caso fosse realizada uma contagem por períodos mais longos, como ao longo de todo o dia, haveria também maior demanda de mão de obra, pois seria necessário manter o equipamento em funcionamento por muitas horas e acompanhar as condições da gravação.

Como limitação, a análise foi feita em apenas duas seções da avenida e em períodos específicos do dia, sem abranger toda a variação possível do tráfego ao longo da semana. Além disso, não foram utilizadas variáveis como velocidade média, atraso e comprimento de filas, o que limita uma avaliação mais completa das condições operacionais da via.

Para trabalhos futuros, recomenda-se ampliar a quantidade de seções analisadas e incluir novas variáveis, como velocidade média, espaçamento entre veículos, atraso e formação de filas. Também seria interessante analisar de forma mais detalhada as interseções ao longo da Avenida Rondon Pacheco, para verificar se existem gargalos nesses pontos e como eles influenciam o fluxo observado nas seções da via. Essa análise poderia ajudar a entender não apenas a quantidade de veículos que passa pela avenida, mas também as condições de escoamento do tráfego ao longo do corredor.

REFERÊNCIAS

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (CET). **Noções básicas de engenharia de tráfego**. São Paulo: CET, 1977. (Boletim Técnico, 5).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. 384 p. (Publicação IPR, 723).

GOOGLE. **Google Maps. Viaduto Carlos Saraiva - Uberlândia, MG, 38400-766**. [S. l.], 2026a. Disponível em: <https://www.google.com/maps/place/Viaduto+Carlos+Saraiva+-+Uberlândia,+MG,+38400-766/@-18.9187085,-48.2666539,3a,75y,205.74h,87.16t/data=!3m7!1e1!3m5!1sbnJ2LJvXv7OkiTR4MwU-sQ!2e0!6shttps:%2F%2Fstreetviewpixels-pa.googleapis.com%2Fv1%2Fthumbnail%3Fcb_client%3Dmaps_sv.tactile%26w%3D900%26h%3D600%26pitch%3D2.835742924720506%26panoid%3DbnJ2LJvXv7OkiTR4MwU-sQ%26yaw%3D205.73648044148385!7i16384!8i8192!4m6!3m5!1s0x94a445084d35789b:0x3a153a67ca34a7dc!8m2!3d-18.9189568!4d-48.2668202!16s%2Fg%2F1pzsKh584?entry=tту&g_ep=EgoyMDI2MDUxMy4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D>. Acesso em: 17 maio 2026.

GOOGLE. **Google Maps. Viaduto José Rezende Ribeiro - Uberlândia, MG, 38411-106**. [S. l.], 2026b. Disponível em: <https://www.google.com/maps/place/Viaduto+José+Rezende+Ribeiro+-+Uberlândia,+MG,+38411-106/@-18.9295422,-48.2774208,3a,75y,232.74h,79.53t/data=!3m8!1e1!3m6!1s9CCq40WKBXxkJiItCjkSPQ!2e0!5s20240201T000000!6shttps:%2F%2Fstreetviewpixels-pa.googleapis.com%2Fv1%2Fthumbnail%3Fcb_client%3Dmaps_sv.tactile%26w%3D900%26h%3D600%26pitch%3D10.470487375287135%26panoid%3D9CCq40WKBXxkJiItCjkSPQ%26yaw%3D232.73633943492845!7i16384!8i8192!4m6!3m5!1s0x94a4451d18f2b77d:0x2c1b32b12ac5b79a!8m2!3d-18.9300918!4d-48.2776537!16s%2Fg%2F11b6yqdv1_?entry=tту&g_ep=EgoyMDI2MDUxMy4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D>. Acesso em: 17 maio 2026.

GOOGLE EARTH. **Trecho da Avenida Governador Rondon Pacheco entre os viadutos Carlos Saraiva e José Rezende Ribeiro, Uberlândia, MG**. Imagem de satélite. 2026. Disponível em: <https://earth.google.com/web/search/Viaduto+Carlos+Saraiva+-+Centro,+Uberlândia+-+MG/@-18.92420645,-48.27523008,828.40936365a,3497.79456245d,35y,0h,0t,0r/data=CiwiJgokCekJMnZl6jLAEeBeWVLw7jLAGcJIMakdIUjAIQO2wRZtUjAQgIIATIpCicKJQohMWISVmhfcnBaSWwzSIFyTUDwYnVVU0dBSGc3UjV0V3pVIAE6AwoBMEICCABKCAj42YSSAhAB>. Acesso em: 20 jul. 2026.

MACEDO, Ana Paula Rezende; MACHADO, Maria Clara Tomaz; LOPES, Valéria Maria Queiroz Cavalcante. **Patrimônio cultural: que bicho é esse?** 4. ed. Uberlândia: Secretaria Municipal de Cultura; Diretoria de Memória e Patrimônio Histórico, 2020. Disponível em: <<https://docs.uberlandia.mg.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/Cartilha-2020.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2026.

MINAS GERAIS. **Lei nº 1.128, de 19 de outubro de 1929**. Aprova o laudo arbitral sobre a questão de limites entre os municípios de Prados e Lagoa Dourada; transfere sedes de distritos

e dá nova denominação a vários distritos. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 1929. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/1128/1929/?cons=1>. Acesso em: 20 jul. 2026.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. **Ciclovía da avenida Rondon Pacheco recebe concretagem**. Uberlândia, 12 ago. 2021. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/2021/08/12/ciclovía-da-avenida-rondon-pacheco-recebe-concretagem/>. Acesso em: 1 abr. 2026.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. **Líder do Executivo inaugura viaduto da avenida dos Municípios**. Uberlândia, 22 set. 2022a. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/2022/09/22/líder-do-executivo-inaugura-viaduto-da-avenida-dos-municipios/>. Acesso em: 1 abr. 2026.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. **Prefeitura realiza obras de melhorias em mobilidade urbana, escolas, unidades de saúde e entidades assistenciais**. Uberlândia, 29 dez. 2022b. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/2022/12/29/prefeitura-realiza-obras-de-melhorias-em-mobilidade-urbana-escolas-unidades-de-saude-e-entidades-assistenciais/>. Acesso em: 1 abr. 2026.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. **Uberlândia 134 anos: passado e presente da capital do Triângulo Mineiro**. Uberlândia, 1 ago. 2022c. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/2022/08/01/uberlandia-134-anos-passado-e-presente-da-capital-do-triangulo-mineiro/>. Acesso em: 1 abr. 2026.

REDMON, Joseph; DIVVALA, Santosh; GIRSHICK, Ross; FARHADI, Ali. **You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection**. In: PROCEEDINGS OF THE IEEE CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION (CVPR), 2016, Las Vegas. Anais [...]. Las Vegas: IEEE, 2016. p. 779-788. Disponível em: https://www.cvfoundation.org/openaccess/content_cvpr_2016/papers/Redmon_You_Only_Look_CVPR_2016_paper.pdf. Acesso em: 4 maio 2026.

SILVA, João Paulo Gomes da; CLEPS, Geisa Daise Gumiero. **Reflexões sobre planejamento urbano em Uberlândia (MG): a abordagem do plano diretor atual para a mobilidade urbana**. Espaço & Geografia, v. 16, n. 1, p. 155-186, 2013. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/article/download/39961/31063/113479>. Acesso em: 1 abr. 2026.

SOUZA, Paola Mundim de; SORRATINI, José Aparecido. **Análise das características de infraestrutura e acidentalidade viária em cruzamentos críticos**. Ciência & Engenharia, v. 25, n. 2, p. 39-49, jul./dez. 2016. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/cieng/article/download/36003/19842/156117>. Acesso em: 1 abr. 2026.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB). **Highway Capacity Manual 2010**. Washington, DC: TRB, 2010.

UBERLÂNDIA (Município). **Lei Complementar nº 78, de 27 de abril de 1994**. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Uberlândia. Uberlândia, 27 abr. 1994. Disponível em: <https://leis.org/municipais/mg/uberlandia/lei/lei-complementar/1994/78/lei-complementar-n-78-1994-dispoe-sobre-o-plano-diretor-do-municipio-de-uberlandia>. Acesso em: 1 abr. 2026.

UBERLÂNDIA (Município). **Lei Complementar nº 394, de 16 de agosto de 2005.** Acresce o eixo Avenida Rondon Pacheco na zona estrutural do Anexo III da Lei Complementar nº 245, de 30 de novembro de 2000. Uberlândia, 16 ago. 2005. Disponível em: <<https://leis.org/municipais/mg/uberlandia/lei/lei-complementar/2005/394/lei-complementar-n-394-2005-acresce-o-eixo-avenida-rondon-pacheco-avenida-rondon-pacheco-na-zona-estrutural-do-anexo-iii-da-lei-complementar-n%C2%BA-245-de-30-de-novembro-de-2000-que-dispoe-sobre-o-parcelamento-e-zoneamento-do-uso-e-ocupacao-do-solo-do-municipio-de-uberlandia>>. Acesso em: 1 abr. 2026.

UBERLÂNDIA (Município). **Lei nº 10.686, de 20 de dezembro de 2010.** Estabelece as diretrizes do sistema viário do Município de Uberlândia, revoga os dispositivos legais que menciona e dá outras providências. Uberlândia, 20 dez. 2010. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-ordinaria/2010/1069/10686/lei-ordinaria-n-10686-2010-estabelece-as-diretrizes-do-sistema-viario-do-municipio-de-uberlandia-revoga-os-dispositivos-legais-que-menciona-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 1 abr. 2026.

UBERLÂNDIA (Município). **São Pedro de Uberabinha - 1856.** [Mapa]. Uberlândia: Prefeitura Municipal de Uberlândia, [2021a]. Disponível em: <<https://docs.uberlandia.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/São-Pedro-de-Uberabinha---1856.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2026.

UBERLÂNDIA (Município). **São Pedro de Uberabinha - 1891.** [Mapa]. Uberlândia: Prefeitura Municipal de Uberlândia, [2021b]. Disponível em: <<https://docs.uberlandia.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/São-Pedro-de-Uberabinha---1891.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2026.

UBERLÂNDIA (Município). **Lei Complementar nº 797, de 17 de julho de 2025.** Aprova a revisão do Plano Diretor do Município de Uberlândia, estabelece os princípios básicos e diretrizes para sua implantação e revoga a Lei Complementar nº 432, de 19 de outubro de 2006 e suas alterações. Uberlândia, 17 jul. 2025. Disponível em: <<https://leis.org/municipais/mg/uberlandia/lei/lei-complementar/2025/797/lei-complementar-n-797-2025-aprova-a-revisao-do-plano-diretor-do-municipio-de-uberlandia-estabelece-os-principios-basicos-e-diretrizes-para-sua-implantacao-e-revoga-a-lei-complementar-n-432-de-19-de-outubro-de-2006-e-suas-alteracoes>>. Acesso em: 1 abr. 2026.

UBERLÂNDIA (Município). **Zoneamento urbano: Anexo II. Mapa de zoneamento e ocupação do solo – Lei nº 8.122/06 e suas alterações.** Uberlândia: Secretaria Municipal de Planejamento Urbano, jan. 2026. Disponível em: <https://docs.uberlandia.mg.gov.br/wp-content/uploads/2026/02/Mapa-Zoneamento-e-Ocupacao-do-Solo---Lei-8122_026-e-suas-alteracoes.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2026.

ULTRALYTICS. **Ultralytics License.** Ultralytics, 2026a. Disponível em: <https://www.ultralytics.com/license>. Acesso em: 17 jul. 2026.

ULTRALYTICS. **Multi-Object Tracking with Ultralytics YOLO.** Ultralytics Docs, 2026b. Disponível em: <<https://docs.ultralytics.com/modes/track/>>. Acesso em: 4 maio 2026.

ULTRALYTICS. **Object Counting using Ultralytics YOLO.** Ultralytics Docs, 2026c. Disponível em: <<https://docs.ultralytics.com/guides/object-counting/>>. Acesso em: 4 maio 2026.

ULTRALYTICS. **Object Detection - Ultralytics YOLO Docs**. Ultralytics Docs, 2026d. Disponível em: <<https://docs.ultralytics.com/tasks/detect/>>. Acesso em: 4 maio 2026.

ZHANG, Yifu; SUN, Peize; JIANG, Yi; YU, Dongdong; WENG, Fucheng; YUAN, Zehuan; LUO, Ping; LIU, Wenyu; WANG, Xinggang. **ByteTrack: Multi-Object Tracking by Associating Every Detection Box**. In: EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTER VISION (ECCV), 2022. Anais [...]. Cham: Springer, 2022. Disponível em: https://www.ecva.net/papers/eccv_2022/papers_ECCV/papers/136820001.pdf. Acesso em: 4 maio 2026.