

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIA, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

HENRIQUE PRINCIPE BIZETTO DOS SANTOS
JOÃO PEDRO DE SOUZA CHOCIAI

ESTUDO DE TRÁFEGO PARA ANÁLISE DO IMPACTO DA LIGAÇÃO ENTRE OS
LOTEAMENTOS JARDIM ROYAL E VILA DAL COL

PONTA GROSSA

2024

HENRIQUE PRINCIPE BIZETTO DOS SANTOS
JOÃO PEDRO DE SOUZA CHOCIAI

ESTUDO DE TRÁFEGO PARA ANÁLISE DO IMPACTO DA LIGAÇÃO ENTRE OS
LOTEAMENTOS JARDIM ROYAL E VILA DAL COL

Trabalho apresentado à disciplina de
OTCC como avaliação parcial para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil na Universidade Estadual
de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Me. Mateus Dobrovolski

PONTA GROSSA

2024

HENRIQUE PRINCIPE BIZETTO DOS SANTOS
JOÃO PEDRO DE SOUZA CHOCIAI

ESTUDO DE TRÁFEGO PARA ANÁLISE DO IMPACTO DA LIGAÇÃO ENTRE OS
LOTEAMENTOS JARDIM ROYAL E VILA DAL COL

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Mateus Edilson Gomes Dobrovolski
Departamento de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Me. Cleyton Cristiano Crovador
Departamento de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Ponta Grossa

Eng. Luiz Henrique Honesko
Secretaria Municipal de Infraestrutura e Planejamento - Prefeitura de Ponta Grossa

Ponta Grossa, 18 de Novembro de 2024

RESUMO

Com base em dados recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Ponta Grossa apresentou um crescimento significativo no número de veículos e habitantes nos últimos anos. Entre 2010 e 2022, o número de veículos aumentou de aproximadamente 142.524 para 239.361, enquanto a população cresceu de 311.611 para 358.667 pessoas. Esse aumento populacional e veicular destaca a necessidade de um planejamento urbano eficiente e atualizado. Este trabalho teve como objetivo analisar o impacto que a ligação entre os loteamentos Jardim Royal e Vila Dal Col gerou no tráfego da rotatória localizada na interseção entre a Rua Valério Ronchi e Rua Rio Verde no bairro Neves. Por meio de contagens volumétricas de veículos realizadas em dias úteis do mês de setembro de 2024, comparações com dados históricos e análise do nível de serviço, o estudo revelou que, embora a nova ligação tenha contribuído para uma redistribuição do tráfego, a rotatória ainda opera com sobrecarga em horários de pico, apresentando um Nível de Serviço F. Vale ressaltar que, entre 2021 e 2024, o volume de veículos na região cresceu em média 14% ao ano. Concluiu-se que, apesar da nova infraestrutura, são necessárias novas intervenções para melhorar a fluidez do tráfego e mitigar os impactos do crescimento populacional e veicular na região estudada.

Palavras-chave: Tráfego. Mobilidade Urbana. Planejamento Urbano. Infraestrutura.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela nossa vida, e por nos iluminar em cada passo da nossa jornada. Aos nossos pais e irmãos, que nunca perderam a fé em nós e sempre nos incentivaram nos momentos mais difíceis. Ao professor Mateus, por ter sido nosso orientador e ter realizado tal função com excelência. Ao professor Cleyton, membro da banca avaliadora, pelo apoio e contribuição no aprimoramento deste trabalho. Ao secretário Luiz Henrique Honesko, também membro da banca, que além de sua participação na avaliação, foi fundamental ao disponibilizar os dados da Prefeitura de Ponta Grossa, o que nos permitiu realizar a comparação necessária para este estudo. Aos nossos amigos e amigas, que compartilharam conosco inúmeros momentos durante o curso. Agradecemos ainda a todos que participaram, direta ou indiretamente, do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo nosso processo de aprendizado.

"A vida é como andar de bicicleta. Para manter o equilíbrio, você deve continuar se movendo." - Albert Einstein

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Congestionamento no centro da cidade de Ponta Grossa.....	12
Figura 2 - Loteamentos que compõe a região de estudo	13
Figura 3 - Detalhamento da região em estudo	14
Figura 4 - Análise do crescimento urbano da região do estudo, sendo (A) imagem aérea da região no ano de 2010 e (B) imagem aérea da região no ano de 2024.....	15
Figura 5 - Sistema viário de Ponta Grossa - 2006.....	20
Figura 6 - Sistema Viário de Ponta Grossa - 2022.....	21
Figura 7 - Representação dos diferentes níveis de serviços em função do volume de veículos que transitam pela via.	30
Figura 8 - Localização da região de estudo no município de Ponta Grossa	32
Figura 9 - Localização 1 do estudo em questão.....	33
Figura 10 - Localização 2 do estudo em questão.....	33
Figura 11 - Fluxos de tráfego na rotatória em estudo	38
Figura 12 - Capacidade das entradas na rótula	39
Figura 13 - Fator de redução (fi) para considerar a influência da travessia de pedestres de uma entrada com uma faixa de tráfego a uma rótula com uma faixa de tráfego	40
Figura 14 - Fator de redução (fi) para considerar a influência da travessia de pedestres de uma entrada com duas faixas de tráfego a uma rótula com duas faixas de tráfego	41
Figura 15 - Tempo médio de espera.....	42
Figura 16 - Sentidos da contagem de tráfego na localização 1.	44
Figura 17 - Contagem de veículos, em UCP, na localização 1 em intervalos de 15 minutos, sendo (A) dados contabilizados no dia 02/09/24 (B) dados contabilizados no dia 03/09/24 (C) dados contabilizados no dia 04/09/24 (D) dados contabilizados no dia 05/09/24 e (E) dados contabilizados no dia 06/09/24.	45
Figura 18 - Registro fotográfico da localização 1 no horário de pico	49
Figura 19 - Fluxo de veículos por intervalo de tempo na localização 1	50
Figura 20 - Contagem de veículos na localização 2, sentido 1, em intervalos de 15 minutos, sendo (A) dados contabilizados no dia 09/09/24 (B) dados contabilizados no dia 10/09/24 (C) dados contabilizados no dia 11/09/24 (D) dados contabilizados no dia 12/09/24 e (E) dados contabilizados no dia 13/09/24.....	51
Figura 21 - Contagem de veículos na localização 2, sentido 2, em intervalos de 15 minutos, sendo (A) dados contabilizados no dia 09/09/24 (B) dados contabilizados no dia 10/09/24	

(C) dados contabilizados no dia 11/09/24 (D) dados contabilizados no dia 12/09/24 e (E) dados contabilizados no dia 13/09/24.....	53
Figura 22 - Trincheira de entrada ao loteamento San Martin acessando pela rotatória da rua Rio verde	54
Figura 23 - Localização da contagem de veículos realizada no ano de 2021.....	56
Figura 24 - Polos geradores de tráfego.	64

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Classificação das vias urbanas de acordo o Código de Trânsito Brasileiro....	23
Tabela 2 - Composição de vias no Sistema Viário de Ponta Grossa	23
Tabela 3 - Classificação de automóveis e veículos comerciais leves.....	24
Tabela 4 - Tipos de caminhão e suas classificações	24
Tabela 5 - Definição de termos utilizados na engenharia de tráfego.....	25
Tabela 6 - Definição de termos utilizados na contagem de veículos.....	26
Tabela 7 - Métodos manuais de contagem de volume	28
Tabela 8 - Métodos automáticos de contagem de volume	29
Tabela 9 - Classificação dos níveis de serviço segundo HCM – 2010	31
Tabela 10 - Histórico dos loteamentos e sua população estimada	33
Tabela 11 - Comparação de metodologias	34
Tabela 12 - Modelo para análise das contagens volumétricas de tráfego	35
Tabela 13 - Fatores de equivalência em unidades de carros de passeio (UCP)	37
Tabela 14 - Matriz de origem/destino	38
Tabela 15 - Níveis de serviço em função dos tempos de espera.....	43
Tabela 16 - Cálculo dos Fatores Horário de Pico.....	48
Tabela 17 - Contagem volumétrica na localização 2 (Sentido 1), em UCP.....	55
Tabela 18 - Contagem volumétrica na localização 2 (Sentido 2), em UCP.....	55
Tabela 19 - Contagem volumétrica de veículos na Rua Valério Ronchi no ano de 2021 em ambos os sentidos de tráfego (S1 e S2).....	57
Tabela 20 - Comparação dos dados de tráfego do sentido 1 da Rua Valério Ronchi (2021 vs. 2024)	58
Tabela 21 - Coeficiente de variação mensal (CVM).....	58
Tabela 22 - Comparação dos dados de tráfego corrigidos com coeficiente de variação mensal do sentido 1 da Rua Valério Ronchi (2021 vs. 2024)	58
Tabela 23 - Comparação dos dados de tráfego do sentido 2 da Rua Valério Ronchi (2021 vs. 2024)	59
Tabela 24 - Comparação dos dados de tráfego corrigidos com coeficiente de variação mensal do sentido 2 da Rua Valério Ronchi (2021 vs. 2024)	60
Tabela 25 – Análise do crescimento de fluxo de veículos nas contagens de 2021 para 2024.....	61
Tabela 26 - Determinação dos níveis de serviço da rotatória.....	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	MOBILIDADE URBANA.....	17
2.2	PLANEJAMENTO URBANO	18
2.3	SISTEMA VIÁRIO.....	22
2.4	ENGENHARIA DE TRÁFEGO.....	25
2.5	VOLUME DE TRÁFEGO	25
2.6	PESQUISA DE TRÁFEGO	27
2.7	COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO	29
2.8	NÍVEIS DE SERVIÇO.....	30
3	METODOLOGIA	32
3.1	LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO	32
3.2	ETAPAS DO ESTUDO	34
3.2.1	Pesquisa de Tráfego	34
3.2.2	Comparação com dados históricos.....	36
3.2.3	Determinação do nível de serviço da rotatória.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1	CONTAGEM VOLUMÉTRICA NA LOCALIZAÇÃO 1	44
4.2	CONTAGEM VOLUMÉTRICA NA LOCALIZAÇÃO 2	50
4.3	COMPARAÇÃO COM OS DADOS HISTÓRICOS	56
4.4	NÍVEL DE SERVIÇO DA ROTATÓRIA	61
4.5	POLOS GERADORES DE VIAGENS.....	63
5	CONCLUSÃO	66
5.1	SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS.....	66
	REFERÊNCIAS.....	68

APÊNDICES	71
------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbanístico do município de Ponta Grossa - Brasil, juntamente com o processo acelerado de globalização, tem acarretado o crescimento acentuado do volume de tráfego nas áreas urbanas da região dos Campos Gerais. De acordo como o IBGE (2022) o número de veículos no ano de 2010 era de aproximadamente 142.524 veículos. Já em 2022, estipula-se que o município de Ponta Grossa possuía em torno de 239.361 veículos, representando um aumento de mais de 67,9%. Ademais, a população teve um aumento de 311.611 habitantes para 358.667 de 2010 para 2022 (IBGE, 2022). Além de representar um crescimento populacional de 15%, este dado demonstra o desenvolvimento que a cidade está vivenciando. De forma comparativa, houve um aumento quatro vezes maior do número de veículos em relação ao crescimento populacional.

Em regiões que apresentam crescimentos significativos de número de habitantes e veículos, engenheiros especialistas em tráfego debatem e buscam soluções para aprimorar os deslocamentos das pessoas. Segundo pesquisa realizada pela Universidade de Brasília (UnB), em conjunto com outras instituições como as universidades federais do Rio Grande do Sul (UFRGS) e de Santa Catarina (UFSC) e a Oxford Brookes University, localizada na Inglaterra, concluiu-se que a mobilidade urbana deficiente gera efeitos negativos tanto na qualidade de vida, como no bem-estar da população. Além disso, o estudo demonstrou a necessidade de diminuir os deslocamentos pela cidade, fazendo com que as atividades localizadas aumentem, e como consequência, as locomoções por meio de veículos não motorizados e caminhada sejam mais viáveis (Brasil, 2019).

A cidade de Ponta Grossa caracteriza-se por uma conformação urbana predominantemente radial, onde as principais vias convergem para o centro, com poucas opções de vias perimetrais que permitam uma distribuição eficiente do tráfego ao redor da cidade. Como resultado, grande parte do fluxo de veículos, inclusive daqueles que se deslocam entre bairros periféricos como Jardim Royal e Vila Dal Col, acaba sendo direcionada para o centro urbano. Essa estrutura contribui significativamente para a sobrecarga das vias centrais, tornando o centro da cidade um ponto de passagem obrigatório para muitos trajetos e amplificando os congestionamentos nessa área.

Com o crescimento populacional e o aumento do número de veículos, a necessidade de estudos contínuos sobre gestão de tráfego e fluxo veicular torna-se ainda mais evidente. A infraestrutura urbana, muitas vezes incompatível com o volume real de tráfego, leva a congestionamentos (Figura 1) e a um aumento no número de acidentes, afetando negativamente a qualidade de vida dos moradores e o funcionamento social. Dados do 2º Grupamento de Bombeiros de Ponta Grossa indicam que, em 2023, foram registrados 1.941 acidentes de trânsito em Ponta Grossa, número que era de 1.769 no ano anterior, representando um aumento de 9,7% nas ocorrências (Meio Dia Paraná, 2024).

Figura 1 - Congestionamento no centro da cidade de Ponta Grossa



Fonte: Diário dos Campos (2023).

Segundo Vasconcellos (2002), pessoas que moram nas áreas urbanas de países em desenvolvimento, como o Brasil, realizam em média dois deslocamentos diários, metade do valor de países desenvolvidos, como Estados Unidos e Hong Kong. Isto posto, é possível ter dimensão da necessidade de um planejamento de tráfego, baseado no crescimento da frota na cidade de Ponta Grossa. Sendo assim, nota-se a extrema importância de buscar alternativas que possam aprimorar mobilidade urbana e que aumentem eficiência do trânsito, tanto de veículos como de pedestres.

Neste estudo, foi analisado o impacto que a ligação entre os loteamentos Jardim Royal e Vila Dal Col gerou na rotatória localizada na interseção entre as ruas Rio Verde e Valerio Ronchi. A região é composta pelos loteamentos San Martin, Jardim Royal, Jardim Lagoa Dourada I e II, Residencial Londres, Jardim Panama, Conjunto Residencial Jardim Costa Rica, Jardim das Flores e Bairro Novo, como é possível observar na Figura 2, e possui aproximadamente 17.000 habitantes (IBGE, 2022). Até o ano de 2021, a rotatória da rua Rio Verde era a única conexão dos loteamentos com o centro da cidade (Figura 3), sendo que tal ponto apresenta congestionamentos nos horários de pico. Desta forma, a nova ligação entre os loteamentos Jardim Royal e Vila Dal Col se torna uma opção viável para o deslocamento em direção ao centro, através da Rua Valério Ronchi que leva a Av. General Carlos Cavalcanti, um dos grandes eixos do município, conforme ilustrado na Figura 3.

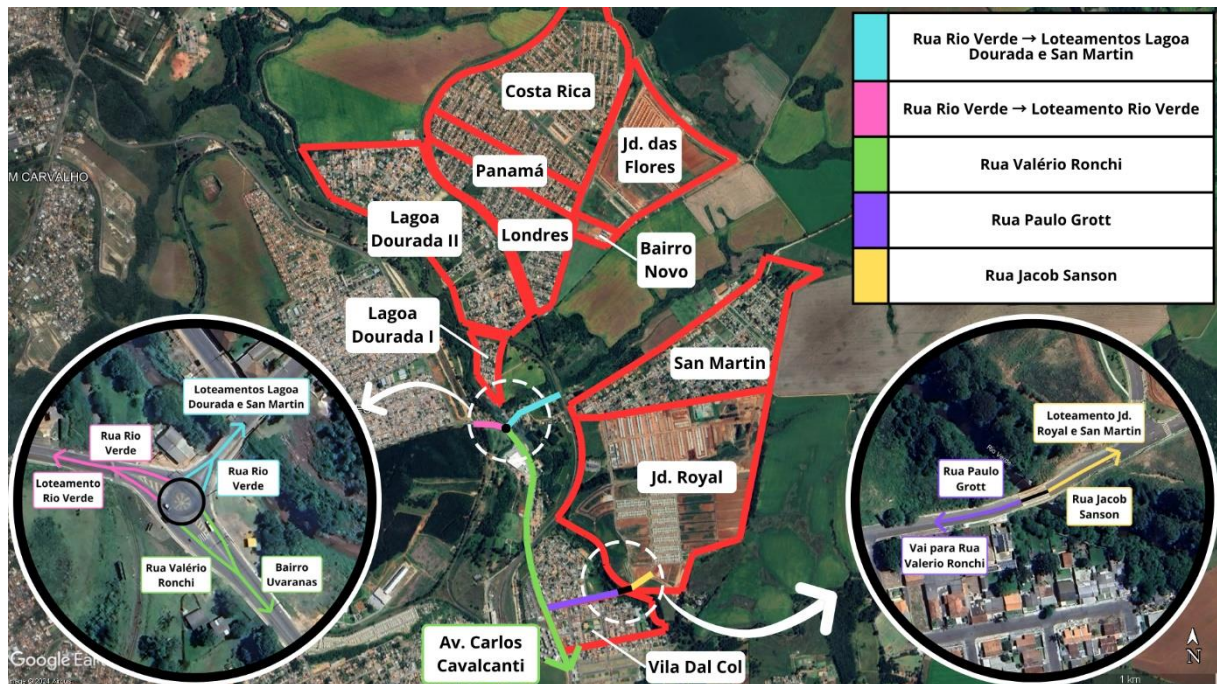
Figura 2 - Loteamentos que compõe a região de estudo



Fonte: Autores (2024).

Uma das razões para o grande volume de tráfego nesta região é a presença de significativos polos geradores de viagens (PGV). Segundo a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP) (1983), os PGV são locais ou instalações de grande porte capazes de produzir um contingente considerável de viagens, causando reflexo negativo na circulação viária ao redor, prejudicando o deslocamento entre regiões e colocando em risco as condições de segurança de motoristas e pedestres.

Figura 3 - Detalhamento da região em estudo

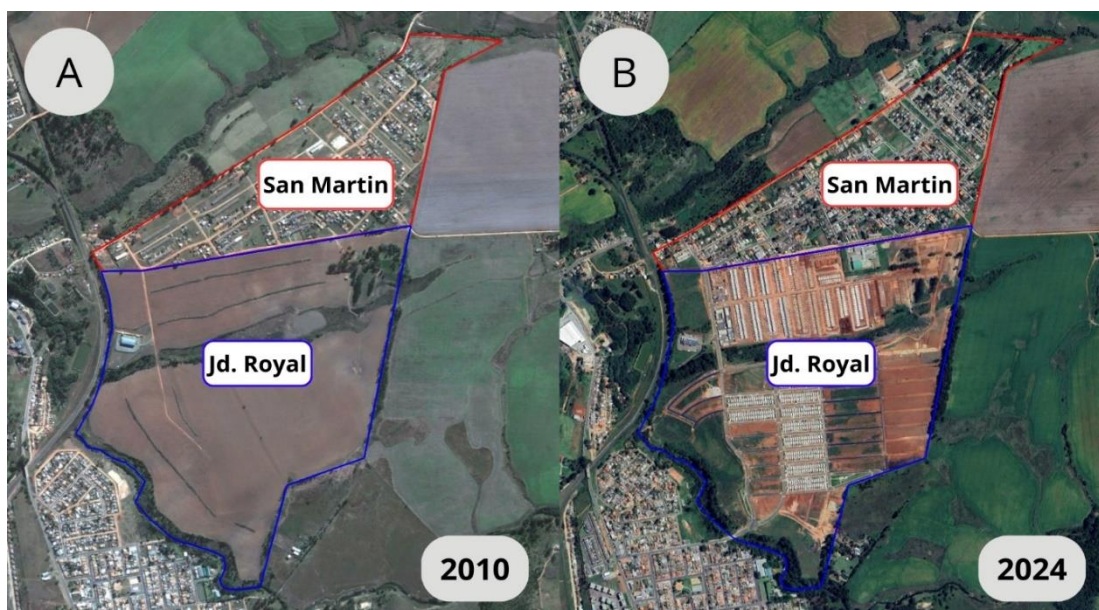


Fonte: Autores (2024).

A Figura 4A apresenta a imagem aérea da região em estudo no ano de 2010, enquanto que na Figura 4B observa-se a captura aérea da mesma região no ano de 2024. Dessa forma, quando colocadas lado-a-lado, torna-se evidente a evolução de infraestrutura que a região vem passando nos últimos anos. A construção de diversas residências e espaços comerciais aumenta o fluxo de pessoas, reforçando a necessidade de uma reavaliação na mobilidade urbana do local.

A melhoria do tráfego e a otimização do fluxo de veículos em áreas urbanas desempenham um papel crítico na vida cotidiana de milhares de cidadãos de Ponta Grossa. No contexto atual, a sociedade enfrenta desafios significativos relacionados ao trânsito, como congestionamentos constantes, atrasos no transporte público e uma crescente pressão sobre a infraestrutura viária. Estes desafios são reflexos do crescimento populacional que o município teve nos últimos doze anos (IBGE, 2022). Tais questões têm um impacto direto na qualidade de vida da população, influenciando a acessibilidade a serviços essenciais, o tempo gasto em deslocamentos diários e o bem-estar emocional. Portanto, este estudo de tráfego é socialmente relevante, uma vez que visa aprimorar a mobilidade urbana e, consequentemente, melhorar a qualidade de vida das pessoas da região.

Figura 4 - Análise do crescimento urbano da região do estudo, sendo (A) imagem aérea da região no ano de 2010 e (B) imagem aérea da região no ano de 2024



Fonte: Autores adaptado de Google Earth (2024).

Além da relevância social, a otimização do tráfego possui implicações econômicas substanciais. Congestionamentos frequentes resultam em custos diretos e indiretos, como aumento no consumo de combustível, perda de produtividade, despesas médicas devidas a acidentes de trânsito e impacto negativo nos negócios locais. Ao melhorar a circulação de veículos e reduzir o tempo de viagem, não apenas economizamos recursos valiosos, mas também fortalecemos a economia local. O aumento da eficiência no transporte de mercadorias e pessoas tem um efeito cascata na criação de empregos, aumento na competitividade das empresas e na atração de investimentos, tornando-se uma peça-chave para o desenvolvimento econômico sustentável de nossa região.

Além dos aspectos sociais e econômicos, a análise do tráfego em Ponta Grossa é de extrema relevância devido à conformação viária radial da cidade, onde grande parte do trânsito converge para o centro. Esse modelo de circulação sobrecarrega as vias centrais, resultando em congestionamentos diários e lentidão no tráfego urbano. Uma das soluções para esse problema seria a plena funcionalidade da Rua Valério Ronchi, que poderia servir como uma importante ligação perimetral interbairros. Se essa via fosse utilizada de maneira eficiente, os motoristas teriam uma alternativa para evitar o centro da cidade, distribuindo melhor o fluxo de veículos e aliviando a pressão nas vias centrais. Essa solução, além de otimizar a mobilidade urbana, proporcionaria mais fluidez e eficiência no trânsito, melhorando a qualidade de vida e reduzindo os custos associados aos congestionamentos.

De acordo com o Manual de Estudos de Tráfego do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), a confecção de um estudo de tráfego permite obter o número de veículos, suas velocidades, locais e números de acidentes, entre outros dados. Com o tratamento dessas informações obtidas, é possível calcular a capacidade das vias, e com isso, determinar as melhores formas de resolver possíveis problemas encontrados. Desta forma, este estudo pretende contribuir com o planejamento e mobilidade urbana analisando a possibilidade de distribuição do volume de tráfego de forma mais eficiente entre o loteamento Jardim Royal e o restante da cidade. Esta abordagem inovadora abre caminho para a implementação de soluções de mobilidade inteligente, adaptadas às necessidades específicas de cada comunidade.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar o impacto que a ligação entre os loteamentos Jardim Royal e Vila Dal Col implementada no ano de 2021 gerou no tráfego da rotatória localizada na interseção entre a Rua Valério Ronchi e Rua Rio Verde localizado no bairro Neves. E para que esse objetivo geral seja atingido, têm como objetivos específicos:

- Realizar um estudo de tráfego para a rotatória localizada na rua Rio Verde e para a ligação entre os loteamentos Jardim Royal e Vila Dal Col.
- Analisar os diversos Polos Geradores de Viagem da região em estudo e verificar o impacto causado no tráfego por eles.
- Determinar o nível de serviço da rotatória no horário de pico de tráfego.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MOBILIDADE URBANA

Segundo Vargas (2008), mobilidade urbana é um conceito associado às pessoas e os pontos econômicos presentes no cenário urbano que, tem como função suprir as necessidades da população em diferentes âmbitos de atividade do cotidiano: trabalho, educação, lazer, saúde, cultura, entre outros. Os indivíduos presentes na sociedade podem realizar deslocamentos de três maneiras distintas, sendo elas: com esforço próprio (a pé), por meio de transportes não motorizados (bicicleta, carroça, cavalo) ou por meios motorizados (coletivos ou individuais). Desta forma, é fundamental entender que a mobilidade urbana é parte estruturante do funcionamento de uma sociedade e convertida, recente e rapidamente, em urbana.

De acordo com Fanini e Vaccari (2016), a transformação da população, predominantemente rural, para urbana no Brasil ocorreu durante o século XX, com o avassalador modelo de desenvolvimento urbano excludente e concentrador nos quesitos econômicos, territoriais e demográficos.

Por isto, é possível compreender que a mobilidade urbana vai além dos deslocamentos de pessoas ou da questão de trânsito e transporte, envolve questões sociais, intelectuais, ambientais e econômicos. Sendo assim, é essencial que durante análises futuras, seja englobado todos esses diferentes fatores que impactam de diferentes formas no planejamento urbano.

Segundo Fanini e Vaccari (2016), mobilidade urbana está diretamente relacionada com fatores econômicos e sociais. Ao viver em sociedade, uma das premissas é a relação de troca entre as pessoas. O trabalhador troca seu tempo e/ou serviço por salário. Com este dinheiro, novamente realiza trocas por produtos em lojas, supermercados etc. Isto significa que esta pessoa está praticando atividade econômica. Ampliando a visão desta ideia, a população movimenta a economia de diversas formas, cada pessoa em suas respectivas áreas, necessidades, objetivos.

Para os autores, determinada região classificada como predominante em setor secundário da economia, ou seja, industrial, terá deslocamentos de veículos, em sua maior parte, de grande porte com cargas. Já outra região em que predomine o setor terciário, de serviços e comércio, o porte dos meios de transporte é reduzido, assim como a quantidade de cargas. Desta maneira, é possível compreender a importância econômica e social do local onde será estudado e implementado soluções e estratégias para os desafios gerados pelos fins dos deslocamentos.

De acordo com Fanini e Vaccari (2016), outro fator que é determinante e influencia a mobilidade urbana é o uso e ocupação do território. O planejamento urbano, como distribuição das atividades econômicas e residências das pessoas, tem direta ligação na busca por soluções e estratégias relacionadas à mobilidade urbana. Através dele, é possível determinar de forma mais efetiva a criação de rotas determinantes para o deslocamento de pessoas e cargas. Quando a ocupação do espaço urbano é feita de forma inadequada, geram-se conflitos de tráfegos de naturezas distintas, difíceis de solucionar. Um exemplo didático trazido pelos autores, é referente ao desenvolvimento das cidades brasileiras que implementam novos loteamentos em áreas distantes dos principais lugares de trabalho e lazer, os quais geralmente são localizados nos centros urbanos. Este fenômeno não planejado, gerado pelo crescimento populacional, reflete na necessidade de grandes investimentos para implementação de ligações entre o novo loteamento à região central da cidade. Além do mais, ocasionam maior deslocamento para os moradores e consequentemente aumentam o tempo de seus trajetos no trânsito.

Portanto, destaca-se a importância das leis de zoneamento e plano diretor bem planejados e fiscalizados, para que tenham suas diretrizes colocadas em prática pela população. Com os fatores sociais, econômicos e da ocupação do solo apresentados, é possível compreender a magnitude de realizar estudos e análises baseadas nestes contextos. Ademais, articular os pontos citados de forma conjunta contribuem significativamente para uma boa mobilidade urbana.

2.2 PLANEJAMENTO URBANO

Segundo Ghisleni (2022), planejamento urbano é definido como um processo com função de elaborar e buscar soluções para uma área urbana existente ou em fase de nova urbanização. Dentro deste contexto, diversas áreas sociais são estudadas para definir as medidas a serem tomadas, como transporte, segurança, oportunidades de acesso e interação entre sociedade e meio ambiente. O principal objetivo deste processo é melhorar a qualidade de vida dos habitantes da região em pauta. Alguns obstáculos a serem enfrentados no processo de planejamento urbano são poluição, congestionamentos, vazios urbanos e impactos ecológicos. Sendo assim, é subentendido que aplicar as melhores soluções para uma cidade determinará o rumo em relação a sustentabilidade e mobilidade urbana da região. Além de evitar problemas que travem o desenvolvimento da região.

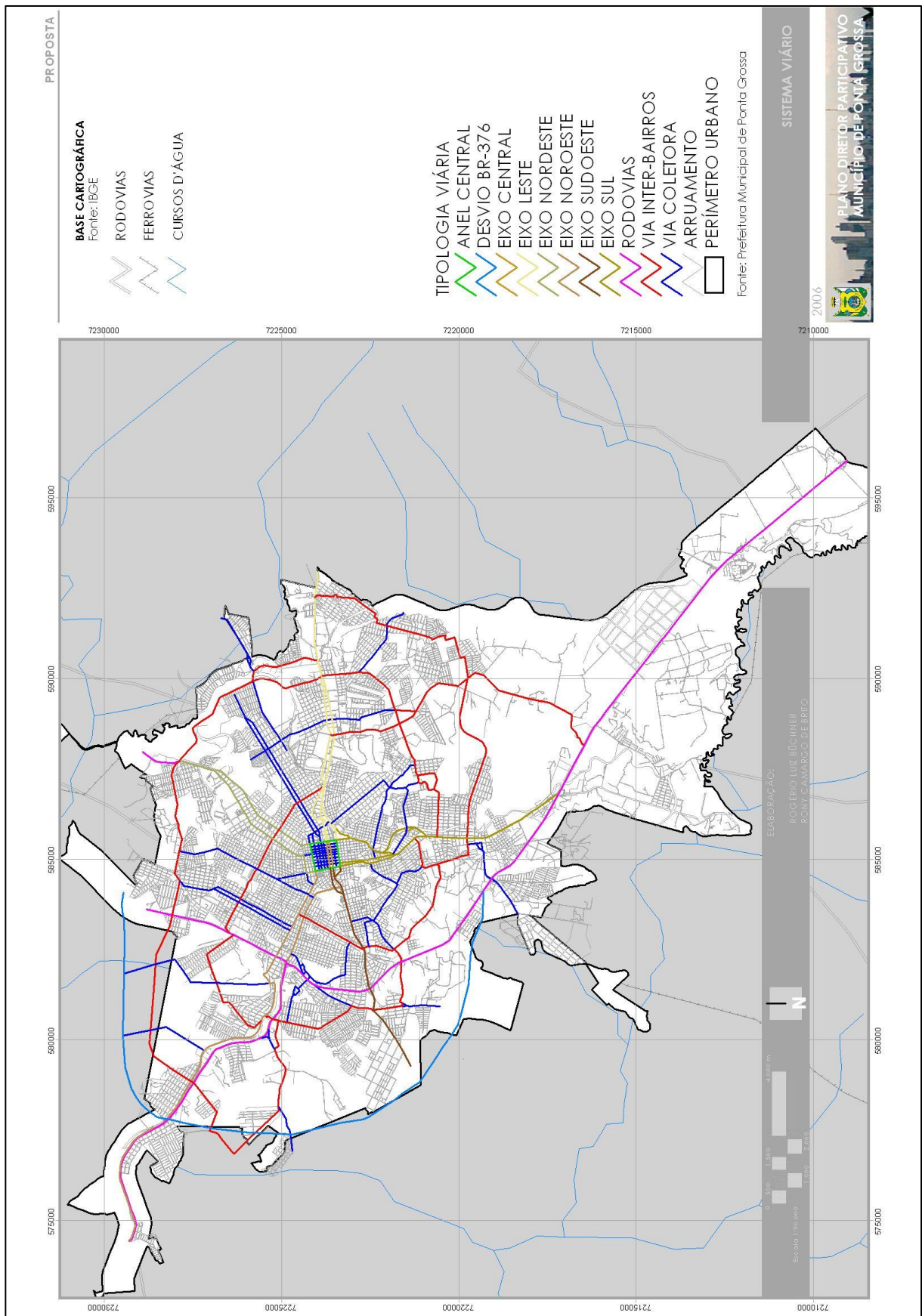
O Estatuto da Cidade, definido pela Lei 10.257/01 (Brasil, 2001), estabelece, em seu art. 4º, uma lista de instrumentos a serem utilizados nas políticas de planejamento político e urbano das cidades. Hely Lopes Meirelles (2002) conceitua o Plano Diretor como um conjunto de normas legais e diretrizes técnicas que visam o desenvolvimento global do município sob os aspectos físico, social, econômico e administrativo, representando as aspirações da comunidade local em relação ao progresso tanto da área urbana quanto rural. Esse plano é o principal instrumento técnico-legal que orienta as atividades públicas e particulares que afetam a coletividade, tendo supremacia sobre outros instrumentos normativos.

Conforme Decarli e Filho (2008), o plano diretor é um mecanismo que viabiliza o planejamento urbano do município, possibilitando que o administrador público, em conjunto com os cidadãos, elabore sugestões para aprimorar a cidade, garantindo o desempenho efetivo do seu papel social. Além do mais, o Estatuto da Cidade (Brasil, 2001) estabelece a obrigatoriedade das cidades com mais de 20 mil habitantes possuírem plano diretor.

Além disso, a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei 12.587/2012) afirma que os municípios com mais de 20 mil habitantes também são obrigados a desenvolver um Plano de Mobilidade Urbana. Esse plano é um instrumento de planejamento que visa integrar os diferentes modos de transporte e melhorar a acessibilidade nas cidades, priorizando o transporte público e os meios de transporte não motorizados, como bicicletas e deslocamentos a pé. O objetivo principal é promover uma mobilidade sustentável e acessível, garantindo o direito de todos os cidadãos ao transporte eficiente e seguro, contribuindo para o desenvolvimento urbano de forma socialmente inclusiva e ambientalmente responsável.

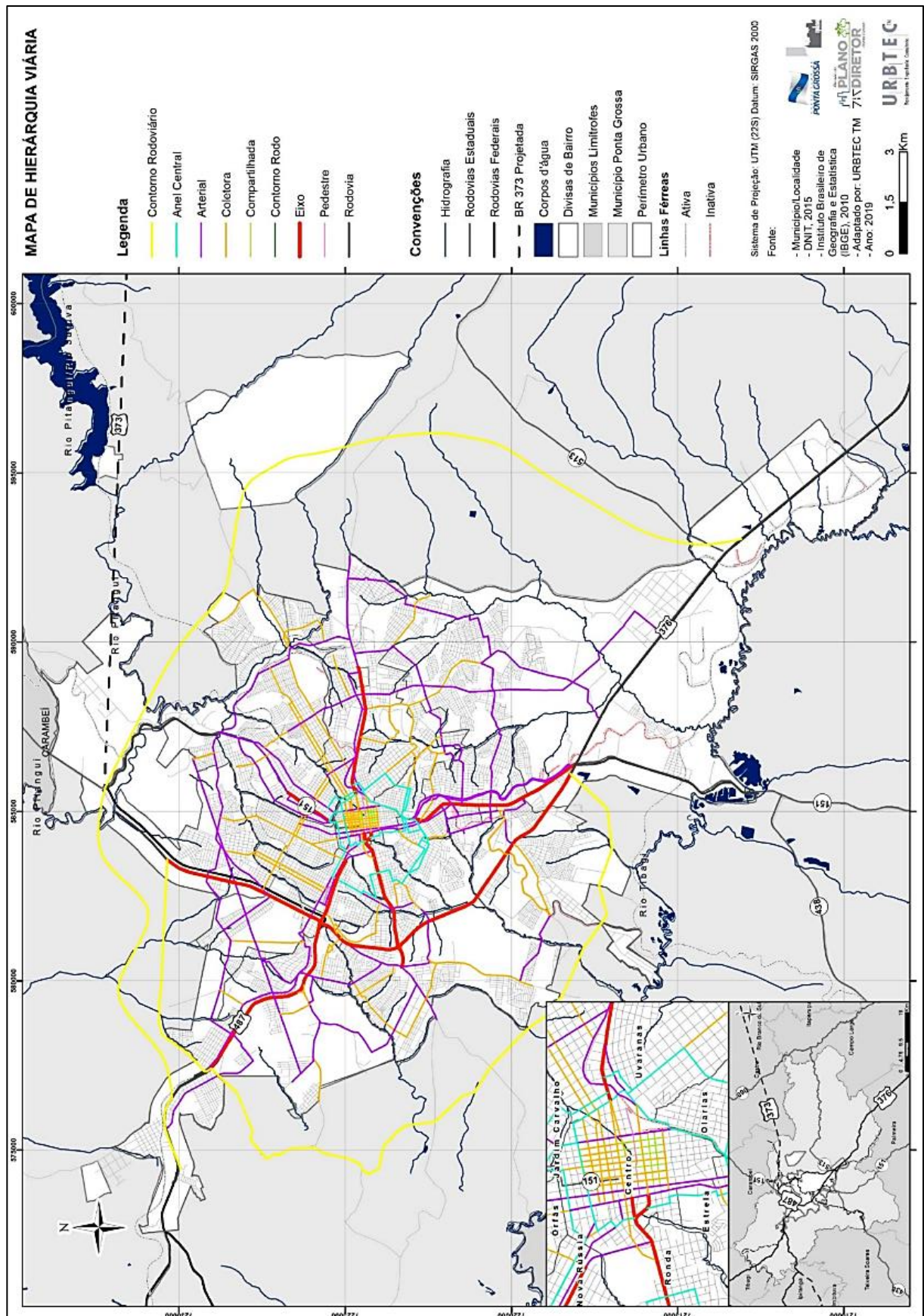
Ao analisar o histórico dos planos diretores da cidade de Ponta Grossa (Ponta Grossa, 2022), é possível observar o aumento na complexidade das propostas de sistema viário com o decorrer dos anos. A Figura 5 mostra a ideia para o sistema viário da cidade de Ponta Grossa no ano de 2006, na qual é possível notar, principalmente, a presença dos eixos que ligam o Bairro Centro com os demais. Já na Figura 6, observa-se o mapa com a proposta para o sistema viário de 2022 muito mais completo e detalhado, com inúmeras novas vias coletoras e arteriais, ou seja, uma hierarquia viária mais ampla.

Figura 5 - Sistema viário de Ponta Grossa - 2006



Fonte: Ponta Grossa, 2006.

Figura 6 - Sistema Viário de Ponta Grossa - 2022



Fonte: Ponta Grossa, 2022.

2.3 SISTEMA VIÁRIO

De acordo com DNIT (2006), os cinco principais elementos que compõe o tráfego são: motorista, pedestre, meio ambiente, via e veículo. Entende-se motorista como a pessoa responsável pela condução do veículo. De acordo com Vasconcellos (2005), fatores como habilidades de direção, comportamento e estado físico e mental são fundamentais para a segurança no trânsito. Um condutor atento e bem treinado é capaz de evitar acidentes e garantir a harmonia no fluxo de tráfego. Em relação as leis de trânsito impostas pelo CTB (1997), como os limites de velocidade e a atenção às sinalizações, são práticas essenciais para a condução segura. Além disso, os condutores devem estar preparados para ajustar seu comportamento conforme as condições ambientais, como reduzir a velocidade em situações de baixa visibilidade ou pistas escorregadias.

Segundo CET-SP (2016), pedestres são os usuários das vias que se deslocam a pé. A segurança depende tanto de seu próprio comportamento quanto da atenção dos condutores. Utilizar faixas de pedestres, respeitar sinais de trânsito e estar atento ao atravessar as ruas são atitudes que podem prevenir acidentes. Ademais, a infraestrutura urbana deve ser projetada para proteger os pedestres, com calçadas adequadas, passarelas e sinalizações específicas que facilitem a mobilidade e garantam a segurança de todos os envolvidos no tráfego das vias.

Conforme o DNIT (2006), o meio ambiente inclui condições climáticas, topografia, vegetação e iluminação que influenciam diretamente a segurança e a eficiência do tráfego. Condições adversas, como chuva intensa, neblina ou neve, podem reduzir a visibilidade e a aderência das vias, aumentando o risco de acidentes. A topografia, com suas colinas e curvas, exige atenção redobrada dos condutores e pode afetar o fluxo de veículos. A vegetação e a iluminação pública são também elementos críticos, pois influenciam a visibilidade tanto para condutores quanto para pedestres.

Com isso, os sistemas viários desempenham papel fundamental no desenvolvimento e funcionamento das cidades e regiões. Ademais, exercem função vital na mobilidade urbana e na interconexão de diferentes áreas geográficas. Eles consistem em uma rede complexa de estradas, rodovias, avenidas, ruas e caminhos, projetados para acomodar o tráfego de veículos e pedestres. Conforme o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), as vias urbanas são classificadas em quatro tipos, como é possível observar na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das vias urbanas de acordo o Código de Trânsito Brasileiro

CLASSIFICAÇÃO	DEFINIÇÃO
VIA DE TRÂNSITO RÁPIDO	Aquela caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível.
VIA ARTERIAL	Aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade.
VIA COLETORA	Aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade.
VIA LOCAL	Aquela caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas.

Fonte: adaptado de Denatran, 1997

Essa classificação inclui vias urbanas e de trânsito rápido, e suas especificações influenciam diretamente a infraestrutura viária das cidades. No contexto do Plano Diretor da cidade de Ponta Grossa (Ponta Grossa, 2022), é possível observar por meio da Tabela 2 o Sistema Viário de Ponta Grossa.

Tabela 2 - Composição de vias no Sistema Viário de Ponta Grossa

CLASSIFICAÇÃO	DEFINIÇÃO
VIA EIXO	Aquela que abriga as características de corredor de transporte, busca estruturar o município, abrigar os principais itinerários de transporte coletivo, promover a integração de diferentes modais de transporte e propiciar a ocupação e adensamento urbanos;
ANEL CENTRAL	A sequência de vias com elevada capacidade de tráfego, que tem como objetivo promover ligações perimetrais entre diferentes quadrantes da cidade, ligar as vias eixo e promover um trajeto alternativo às ruas do centro do município;
VIAS ARTERIAIS	Constituídas por avenidas, destinadas a atender ao tráfego direto, em percurso contínuo, recebendo tráfego das vias coletoras ou locais;
VIAS COLETORAS	Destinadas a coletar e distribuir o tráfego entre as vias arteriais e locais;
VIAS LOCAIS	Destinadas ao acesso local ou ao tráfego em áreas restritas;
CICLOVIAS E CICLOFAIXAS	Constituídas por vias públicas destinadas ao uso exclusivo de ciclistas;
VIAS PARA PEDESTRES	Aquela destinada à circulação exclusiva de transeuntes;
CONTORNO RODOVIÁRIO	Via destinada ao trânsito rápido, cuja função é estabelecer ligações entre diferentes pontos de rodovias, com o objetivo de desviar o tráfego de passagem ou regional das áreas densamente urbanizadas, passando parcial ou integralmente pelo município;
ESTRADAS	Constituídas por vias nas áreas rurais.

Fonte: adaptado de Ponta Grossa, 2022

Os veículos são classificados de acordo com suas características e finalidades específicas. Essa classificação é crucial para a elaboração de políticas de tráfego e projetos de infraestrutura viária (DNIT, 2006). Ademais, permite um entendimento mais aprofundado das necessidades e comportamentos de cada tipo de veículo na via, facilitando o planejamento de medidas de segurança e eficiência. Além disso, a compreensão das especificidades de cada categoria de veículo é fundamental para a fiscalização e regulamentação do tráfego, assegurando que as vias sejam utilizadas de forma adequada e segura por todos os usuários (Vasconcellos, 2005).

As características de cada tipo de veículo, como peso, tamanho, capacidade de carga, velocidade máxima e raio de manobra, têm um impacto direto na forma como eles interagem com a infraestrutura viária. Por exemplo, veículos comerciais leves, como os classificados na Tabela 3, são projetados para transporte de pequenas cargas e geralmente têm maior agilidade e menor impacto sobre o tráfego em comparação com caminhões pesados apresentados na Tabela 4 (DNIT, 2006).

Tabela 3 - Classificação de automóveis e veículos comerciais leves

CATEGORIA DE VEÍCULO	TIPO DE VEÍCULO	MODELOS
Automóveis	Pequenos	Hatch (Popular, Pequeno), Sedan (Popular, Pequeno), SW-Popular, Conversível
	Médios	Hatch Médio, Sedan Médio, Minivan, Utilitário Esportivo
	Grandes	Sedan Grande, SW
Comerciais Leves	Pequenos	Pickup (Popular, Pequeno), Furgão (Popular, Pequeno), Jipe
	Médios	Pickup, Utilitário Esportivo, Furgão Médio
	Grandes	Pickup Grande, Furgão Grande
	Van	Van

Fonte: adaptado de DNIT,2006

Tabela 4 - Tipos de caminhão e suas classificações

TIPO DE CAMINHÃO	CLASSIFICAÇÃO
Semileves/Leves	Dois eixos simples com rodagem simples (3,5t < PBT < 10,0t)
Médios	Eixo simples com rodagem simples e eixo simples com rodagem dupla (10,0t < PBT < 15,0t)
Semipesados/ Pesados	Eixo simples com rodagem simples e eixo em tandem duplo ou triplo (15,0t < PBT < 40,0t),
Articulados	Semi-reboques e reboques (15,0t < PBT < 45,0t)

Fonte: adaptado de DNIT,2006

2.4 ENGENHARIA DE TRÁFEGO

A engenharia de tráfego, para Vasconcelos (1982), trata de medidas e técnicas de intervenção de curto prazo, que buscam resolver problemas causados por determinada dinâmica da cidade. Para adotar certa técnica, é essencial que seja realizado levantamentos qualitativos e quantitativos da região em estudo para obter informações como: volumes de tráfego, comportamentos dos motoristas, capacidade da via, velocidades etc. De acordo com o autor, há diversos parâmetros visualizados na engenharia de tráfego, porém os principais e mais importantes podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5 - Definição de termos utilizados na engenharia de tráfego

TERMO	DEFINIÇÃO
Fluidez	A facilidade com que é realizada a circulação, medida normalmente em termos de velocidade (valores médios e variações).
Acessibilidade	A facilidade com que os equipamentos e construções urbanas são atingidas pelas pessoas e mercadorias.
Segurança	A garantia de uma circulação isenta de perigos para os usuários, medida normalmente pelos índices de acidentes.
Qualidade de vida	Conceito mais subjetivo, que reflete uma série de condições sobre a qualidade de vida urbana; graus de poluição, respeito ao uso do solo e à hierarquia funcional das vias etc. É fortemente influenciado pelos valores culturais da comunidade atingida.

Fonte: adaptado de Vasconcelos, 1982.

Segundo Costa e Macedo (2008), a engenharia de tráfego possui como objetivo do ramo a aprimoração do sistema viário em geral, trazendo acessibilidade a todos os componentes do tráfego e garantindo o acesso aos seus destinos. Com isso, é dever dos profissionais da área buscar soluções para problemas na mobilidade urbana, que serão discutidas, repensadas e posteriormente adotadas pelo Poder Público.

2.5 VOLUME DE TRÁFEGO

Segundo o DNIT (2006), o volume de tráfego é definido como “o número de veículos que passam por uma seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo”. Normalmente, as unidades são expressas em veículos/dia (VPD) ou veículos/hora (VPH). Além disto, pode ser classificado em volume médio diário, sendo o número médio de veículos que transitam por um trecho da via em um dia

considerando um período de tempo, e volume horário, utilizado para realizar análises da variação do fluxo da rodovia durante o dia, no qual a contagem de veículos é feita durante uma hora. Com os resultados encontrados no estudo de tráfego, realizam-se projetos e levantamentos de novas vias ou reestruturações de vias já existentes, de forma a obter um dimensionamento mais preciso. É possível observar na Tabela 6 algumas subclassificações utilizadas pelo DNIT que são variações do VMD.

Tabela 6 - Definição de termos utilizados na contagem de veículos

TERMO	DEFINIÇÃO
Volume Médio Diário Anual (VMDa)	Número total de veículos trafegando em um ano dividido por 365.
Volume Médio Diário Mensal (VMDm)	Número total de veículos trafegando em um mês dividido pelo número de dias do mês. É sempre acompanhado pelo nome do mês a que se refere.
Volume Médio Diário Semanal (VMDs)	Número total de veículos trafegando em uma semana dividido por 7. É sempre acompanhado pelo nome do mês a que se refere. É utilizado como uma amostra do VMDm.
Volume Médio Diário em um Dia de Semana (VMDd)	Número total de veículos trafegando em um dia de semana. Deve ser sempre acompanhado pela indicação do dia de semana e do mês correspondente.

Fonte: Autores. (adaptado de DNIT, 2006)

De acordo o DNIT (2006), o Volume Médio Diário (VMD) necessita de adaptações devido à dificuldade de realizar estudos anuais, pois a coleta contínua de dados ao longo de um ano inteiro pode ser impraticável devido às limitações logísticas e financeiras. No entanto, o VMD perde confiança quando reduzido em prazos menores, como mensais ou diários, devido às flutuações sazonais e variabilidade de tráfego que podem não representar a realidade anual de forma precisa.

Para contornar esse problema, é possível transformar esses valores de prazos menores em VMD anual através de fatores de correção específicos. Com base em estudos estatísticos e históricos de tráfego, estes fatores são desenvolvidos com intuito de obter uma estimativa mais fidedigna do VMD anual a partir de períodos de observação mais curtos. Sendo assim, garante aplicação mais confiável dos dados de tráfego nos projetos de engenharia rodoviária.

Para os estudos de tráfego buscando volumes horários ou diários, o melhor momento para observar o verdadeiro tráfego da via, é no horário de pico. Este horário é definido como a hora de maior movimento na via, em determinado local e dia (Akishino, 2005). Também conhecido como "rush hour" em inglês, ocorre

principalmente durante as transições diárias de atividades, especificamente quando a maioria das pessoas está se deslocando para o trabalho ou retornando para casa. Conforme Vespucci (2005), a alta densidade populacional, a infraestrutura limitada de transporte, como vias congestionadas e transporte público insuficiente, e a concentração de PGV são os principais fatores que contribuem para os horários de pico de tráfego na cidade. Esses horários intensos resultam em congestionamentos que reduzem a velocidade dos veículos, aumentam o tempo de viagem e as emissões de poluentes. Além disso, aumentam os riscos de acidentes e causam estresse e fadiga nos motoristas, afetando negativamente sua saúde e bem-estar.

2.6 PESQUISA DE TRÁFEGO

Segundo o DNIT (2006), as técnicas mais usuais para realizar levantamentos *in loco* no âmbito da engenharia de tráfego, são as pesquisas através de entrevistas ou por observação. Nas pesquisas através de entrevistas, formula-se questões orais ou escritas e realiza análise por meio de padrões já definidos. Nos casos de pesquisas visuais, anota-se os acontecimentos da via sem qualquer forma de alteração.

De acordo com a CET-SP [1983], o objetivo de uma pesquisa de tráfego é apontar a quantidade, direção e composição de veículos ou pedestres em uma via, em um determinado período de tempo. Também é possível obter de forma secundária, o total de passageiros que transitam na via, através da multiplicação do fluxo de veículos pela média de ocupantes veiculares.

Conforme o Ministério dos Transportes (Brasil, 2014), a realização de pesquisas de tráfego, principalmente nas rodovias mais importantes, possibilita indicar em quais locais é primordial que sejam feitos investimentos no sistema viário. Levando em conta a dimensão do país e tendo em vista que grande parte das rodovias é distribuída pelo território, é essencial a utilização de equipamentos extremamente precisos e estudos específicos para essa abrangência, que gerem pesquisas de campo de alta complexidade e coordenação.

Na maior parte dos casos, o engenheiro de tráfego não terá os meios necessários (tempo e recursos) para realizar um estudo completo e extremamente preciso (DNIT, 2006). Devido à esta problemática, determinou-se níveis de precisão para uma pesquisa de tráfego: A (Excelente), B (Satisfatória para todas as necessidades normais), C (Suficiente com estimativa grosseira), D (Insatisfatória) e E (Inútil). O que difere os níveis, é a quantidade de contagens realizada, como é possível observar nas Tabela 7 e Tabela 8.

Tabela 7 - Métodos manuais de contagem de volume

I - USANDO CONTADORES MANUAIS			
Método	Nível de Precisão	Variações aceitáveis	Observações
(1) - Contagem durante 1 hora, em um dia de semana, entre 9 a.m. e 6 p.m.	D	A contagem pode ser estendida	
(2) - Contagem em um dia de semana, de 6 a.m. até 10 p.m.	C ou D		
(3) - Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. de 5ª Feira até Domingo	C	Pode ser estendida para dias incluindo 2ª Feira	Para a semana use 5 x 5ª + Sábado + Domingo
(4) - Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. em 7 dias consecutivos	C		
(5) - Métodos (1) a (4) em 4 vezes (6) - em intervalos de 3 meses (7) - (usando para (1) e (2) diferentes horas (8) - e dias)	C C B B	O número de vezes pode ser 2,3 ou 6 em vez de 4, alterando de forma semelhante o espaçamento	Calcule os totais de cada semana e então a média das 4 semanas
(9) - Contagem das 6 am às 10 pm de 52 em 52 dias durante 1 ano (7 contagens)	B		Estes métodos são de grande utilidade quando se tem que contar em vários pontos de uma mesma área. Podem ser feitas variações para atender a condições especiais
(10) - Contagem das 6 am às 10 pm de 26 em 26 dias durante 1 ano (14 contagens)	A ou B		
(11) - Contagem das 6 am às 10 pm de 13 em 13 dias durante 1 ano (28 contagens)	A		
(12) - Como em (9), mas divida o trecho do dia de interesse em 7 partes iguais (p. ex 2 horas. Em cada uma das 7 contagens conte uma parte, na ordem 1,4,7,3,6,2,5	C	Pode variar a parte em que inicia a contagem, mantendo a ordem, como 4,7,3,6,6,5,1, ou 3,6,2,5,1,4,7	
(13) - Como em (10) mas divida o trecho do dia de interesse em 14 partes iguais (por ex. 14 partes de 1 hora) e conte sucessivamente as partes 1,4,7,10,13,2,5,8,11,14,3,6,9,12	C		
(14) - Como em (11) divida o trecho do dia de interesse em 14 partes iguais e conte sucessivamente as partes 1,6,11,2,7,12,3,8,13,4,9,14, e então repita este ciclo	B		

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006).

Tabela 8 - Métodos automáticos de contagem de volume

II - USANDO CONTADORES AUTOMÁTICOS			
Método	Nível de Precisão	Variações aceitáveis	Observações
(1) - Contagem contínua durante uma semana	C		
(2) - 4 contagens contínuas de uma semana em intervalos de 3 meses	B	Substitua 4 contagens por 2, 3, ou 6, em intervalos adequados	
(3) - Contagem contínua durante um ano	A		

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006).

2.7 COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO

De acordo com o DNIT (2006), a circulação de veículos na estrada é diversificada, envolvendo automóveis de diferentes tamanhos, pesos e velocidades. É crucial compreender a diversidade desses volumes por diversas razões como as interações entre os veículos que dependem de suas particularidades. A mistura de veículos que trafegam em uma estrada afeta diretamente sua capacidade de tráfego. Além disso, a proporção de veículos de grandes dimensões influencia as características geométricas necessárias para as vias, enquanto seus pesos impactam nas características estruturais.

Como citado no Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Seguranças nas Rodovias (DNIT, 2010), nota-se uma alta diminuição nas dimensões e potência dos veículos de passeio comercializados atualmente quando comparados com os carros do século passado. Sendo assim, é um elemento positivo quando se pensa no meio ambiente, porém negativo quando se trata da segurança da via, pois com veículos de menor potência, tem-se uma menor aceleração que são importantíssimas em determinadas situações.

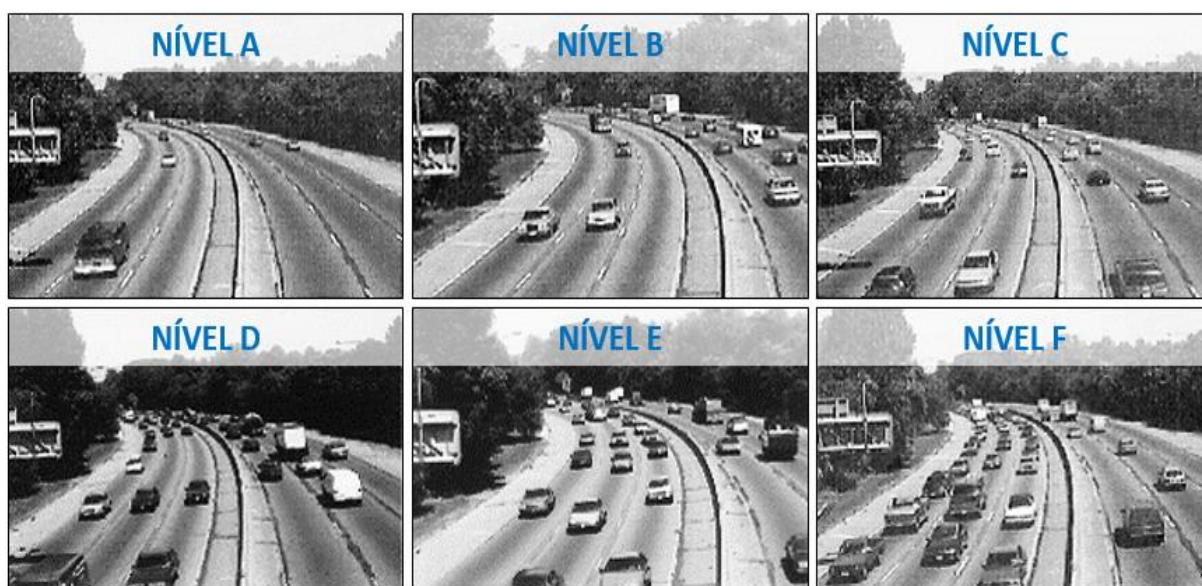
Além disso, o DNIT (2010) ainda cita que com os veículos pesados e de carga observa-se o oposto, tendo um maior comprimento e maior capacidade de frete. Desta forma, torna-se necessário alterar alguns aspectos da via, como por exemplo, superlargura, distâncias de visibilidade de parada e de ultrapassagem. Ademais, para que uma via seja considerada segura, deve ter todas suas informações de forma coesa e uniforme, sendo elas: função da via, condições do tráfego, geometria, uso da via etc. (DNIT, 2010). Com isso, um dos principais pontos observados em vias coerentes e seguras, é a consideração das necessidades de todos os utilizadores da via, em especial os não motorizados.

2.8 NÍVEIS DE SERVIÇO

Com objetivo de determinar a capacidade e regulamentar a avaliação da qualidade de serviço observado nas rodovias, países como Estados Unidos e Canadá, desenvolveram diversas pesquisas nos últimos 50 anos. Fruto destes estudos, surgiu o Highway Capacity Manual (HCM, 2010) que é utilizado como material americano de capacidade de tráfego. Segundo o DNIT (2006), a metodologia apresentada neste material é utilizada no Brasil sem quaisquer tipos de modificação ou ajuste.

Nesse contexto, os níveis de serviço são determinados pela análise da adequação de uma determinada oferta de infraestrutura rodoviária à demanda atendida por esta, avaliada por meio de medidas quantitativas e qualitativas que caracterizam a qualidade operacional de um fluxo de tráfego e sua percepção por motoristas e passageiros (HCM, 2010). Seis níveis de serviço são estabelecidos com base no desempenho da rodovia avaliada, sendo designados por letras de "A" a "F", onde o nível de serviço "A" representa as melhores condições operacionais e o "F" as piores, conforme ilustrado na Figura 7 e definido na Tabela 9. Em projetos ou planejamento de rodovias, os níveis de serviço de referência são geralmente "C" ou "D", pois garantem uma qualidade de serviço satisfatória para os usuários e uma operação sem saturação por um período considerável, sem a necessidade de superdimensionar a oferta rodoviária.

Figura 7 - Representação dos diferentes níveis de serviços em função do volume de veículos que transitam pela via.



Fonte: adaptado de Dobrovolski, 2024

Tabela 9 - Classificação dos níveis de serviço segundo HCM – 2010

NÍVEL DE SERVIÇO	DEFINIÇÃO
A	Condição de fluxo completamente livre. A operação praticamente não é afetada pela presença de outros veículos, sendo condicionada apenas em função das características físicas da via e comportamento dos motoristas. Pequenas perturbações no fluxo são absorvidas sem que ocorra uma variação na velocidade média da corrente de tráfego.
B	Condição de fluxo livre, embora a presença de outros veículos se torna perceptível. A velocidade é a mesma observada para o nível “A”, mas os motoristas têm uma liberdade de manobra ligeiramente inferior. Pequenas perturbações ainda são facilmente absorvidas, embora a deterioração no local do evento se torna perceptível.
C	A influência da densidade do tráfego se torna marcante. A possibilidade de manobra dentro da corrente de tráfego é claramente afetada pela presença de outros veículos. Pequenas perturbações na corrente de tráfego causam séria deterioração do nível de serviço, sendo que filas se formarão a montante de perturbações maiores.
D	As oportunidades de manobra são severamente restringidas devido ao maior volume de tráfego, e a velocidade média do fluxo é reduzida. Apenas perturbações pequenas podem ser absorvidas sem que haja formação de filas longas e deterioração do nível de serviço.
E	Representa uma operação próxima ou no limite da capacidade, com o fluxo instável. A densidade do tráfego é variável, em função da velocidade da via, e os veículos circulam com o mínimo espaçamento capaz de manter a corrente de tráfego uniforme. Perturbações no tráfego podem ser facilmente dissipadas, geralmente levando à formação de congestionamento.
F	Representa fluxo forçado ou interrompido e ocorre quando a demanda projetada para a infraestrutura viária é superior à capacidade ofertada. Embora a operação no ponto no qual há restrição de capacidade ocorra no limite do nível “E”, filas se formam à montante da via, com operação instável e alternância de movimento e paradas. Vale notar que o nível “F” pode ser usado para descrever o ponto no qual se inicia a formação do congestionamento, bem como a condição operacional da fila que se forma à montante.

Fonte: adaptado de HCM, 2010

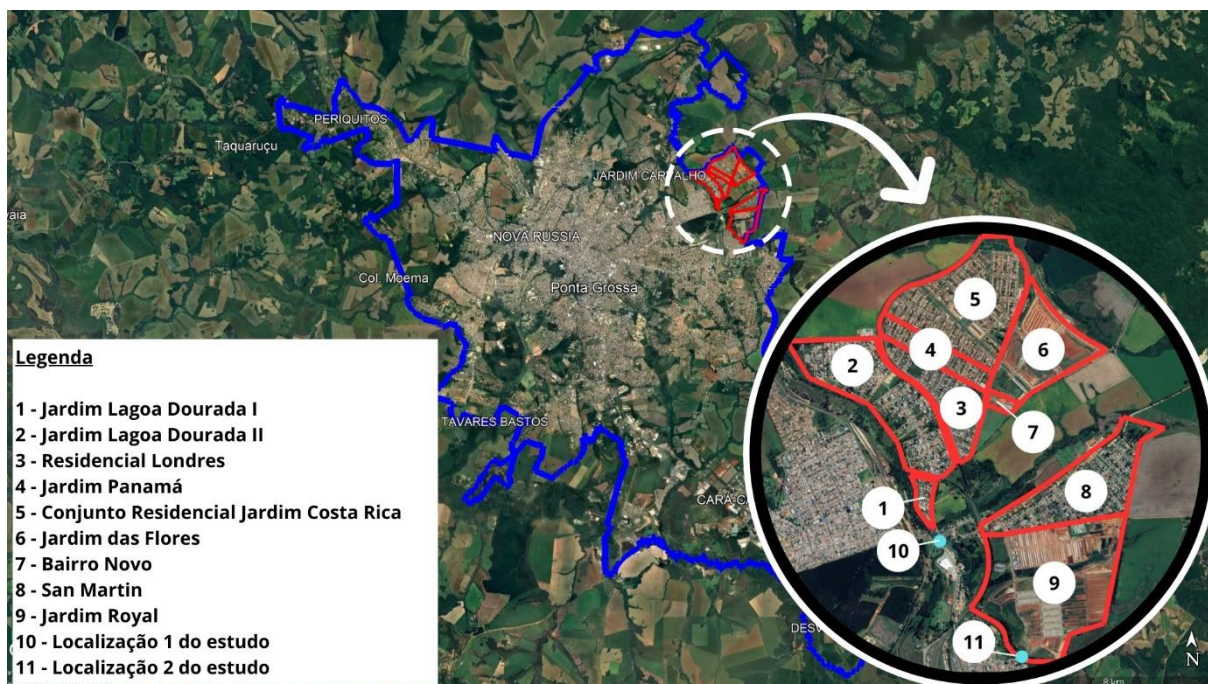
3 METODOLOGIA

Neste capítulo, serão discutidas estratégias para a coleta e análise de dados de tráfego, com o objetivo de avaliar o impacto que a ligação entre os loteamentos Jardim Royal e Vila Dal Col gerou na rotatória localizada na interseção entre a Rua Rio Verde e Rua Valério Ronchi. Este trabalho concentra-se na pesquisa do campo do tráfego, abordando desafios urbanos e rodoviários contemporâneos.

3.1 LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO

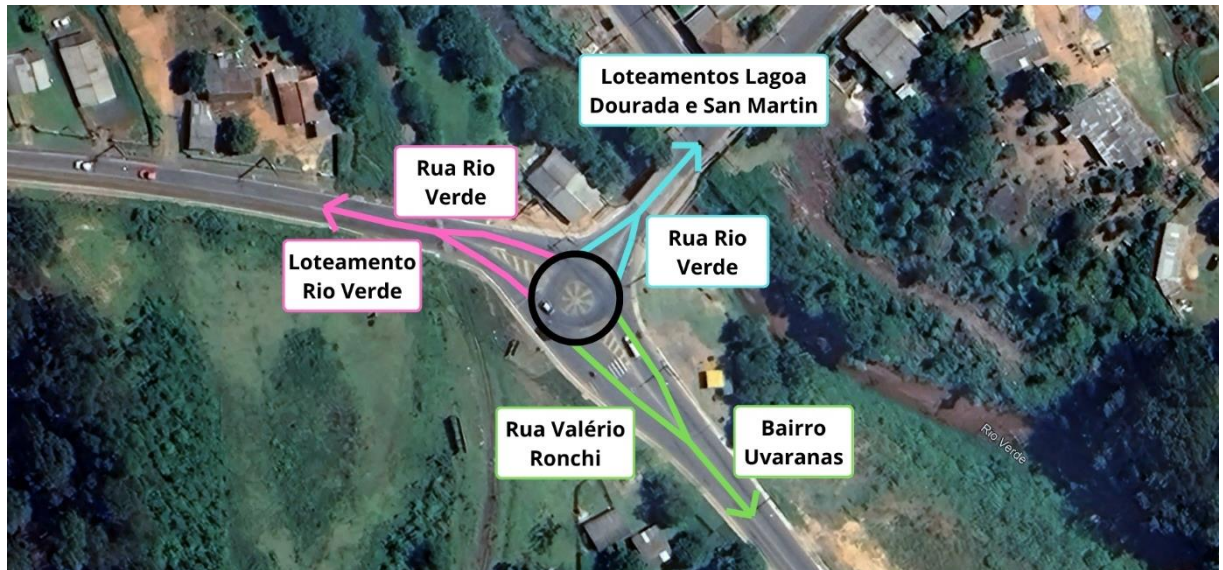
O estudo se concentra em duas diferentes localizações situadas na extremidade nordeste do perímetro urbano de Ponta Grossa (Figura 8). A primeira delas é a rotatória na interseção entre a Rua Rio Verde e Rua Valério Ronchi (Figura 9). A segunda se encontra na ligação criada entre os loteamentos Jardim Royal e Vila Dal Col pelas Rua Jacob Sanson e Rua Paulo Grott (Figura 10). A seleção desses trechos foi realizada através da análise empírica do alto volume de tráfego nos horários de pico, observado pelos autores, que cotidianamente trafegam pela rotatória. Além disso, a Tabela 10 apresenta o histórico de aprovação dos loteamentos e suas populações estimadas em 2022, evidenciando o crescimento populacional na área, o que contribui diretamente para o aumento do tráfego nas vias estudadas.

Figura 8 - Localização da região de estudo no município de Ponta Grossa



Fonte: Autores (2024)

Figura 9 - Localização 1 do estudo em questão



Fonte: Autores (2024)

Figura 10 - Localização 2 do estudo em questão



Fonte: Autores (2024)

Tabela 10 - Histórico dos loteamentos e sua população estimada

Loteamento	Lagoa Dourada I	Lagoa Dourada II	Residencial Londres	Jardim Panamá	Jardim Costa Rica	Jardim das Flores	Bairro Novo	San Martin	Jardim Royal
Ano de aprovação	1996	1996	2011	2011	2012	2018	2019	1997	2021
População estimada (2022)	4092		4711		4508	1000	-	2748	-

Fonte: Autores (2024)

3.2 ETAPAS DO ESTUDO

3.2.1 Pesquisa de Tráfego

Para a realização deste estudo de tráfego, foi essencial analisar e comparar diferentes modelos metodológicos utilizados em pesquisas anteriores, a fim de selecionar a abordagem mais adequada para as características da área estudada. Diversos autores, como Moraes (2013), DNIT (2006), Silva e Vieira (2023) e Streit (2020), aplicaram diferentes técnicas de contagem de veículos, cada uma com suas particularidades em termos de localização, duração e frequência das contagens. A seguir, apresenta-se a tabela comparativa (Tabela 11) que resume os principais aspectos dessas metodologias, os quais foram considerados na formulação do método adotado neste trabalho.

Tabela 11 - Comparação de metodologias

AUTOR	DNIT (2006)	MORAES (2013)	SILVA (2019)	STREIT (2020)	SILVA, VIEIRA (2023)
LOCALIZAÇÃO	-	Caruaru - PE	Campina Grande - PB	Montenegro RS	Ponta Grossa PR
DIAS DE CONTAGEM	-	3	4	1	4
CONTAGENS AO DIA	1	2	2	1	1
TEMPO DE CONTAGEM	1 hora	15 minutos	1 hora	1 hora	2 horas
HORÁRIO DA CONTAGEM	09h - 18h	12h - 12h15m 18h - 18h15m	06h30 - 07h30 17h30-18h30	17h - 18h	17h - 19h

Fonte: Autores (2024)

A fim de obter conclusões numéricas precisas no estudo de tráfego, adotou-se uma metodologia que combina elementos de diferentes abordagens. Levando em consideração o modelo quantitativo proposto pelo DNIT (2006), que sugere que a contagem seja realizada no horário de pico, optou-se por realizar a contagem dos veículos das 17h30 às 18h30, em intervalos de 15 minutos, visando capturar variações de tráfego e determinar o fator horário de pico. Este período foi selecionado com base na metodologia de Silva e Vieira (2023), que realizaram contagens no final da tarde em Ponta Grossa – PR, na rotatória localizada entre a alça da rodovia BR-376, Rua Júlia da Costa e Rua João Gualberto, no bairro Colônia Dona Luiza, capturando o fluxo intenso característico desse horário. Além disso, a metodologia proposta por Silva (2019) também foi considerada, uma vez que foi realizada entre 17h30 e 18h30, durante quatro dias da semana.

Para garantir a representatividade dos dados, as contagens foram realizadas durante cinco dias úteis da semana, conforme recomendado por Moraes (2013), que destaca a importância de uma amostragem abrangente para refletir o comportamento real do tráfego. As contagens não contemplaram o fim de semana, considerando que em vias urbanas há uma redução no fluxo de veículos aos sábados, domingos e feriados (Dobrovolski, 2024). Portanto, os dias escolhidos foram aqueles com o maior volume de tráfego (segunda à sexta-feira), de modo a analisar os horários e dias que promovem condições inadequadas de circulação.

Para auxiliar nas contagens e garantir precisão nos dados, foi utilizada uma câmera posicionada no painel dentro do carro, filmando o movimento do tráfego. Essa medida foi implementada para servir como referência caso houvesse necessidade de revisar os registros, assegurando maior confiabilidade nos dados coletados.

A adaptação desta metodologia permitiu que a contagem de veículos fosse realizada em um intervalo contínuo de 60 minutos, semelhante à abordagem de Streit (2020) e DNIT (2006), que priorizam contagens em intervalos definidos de tempo para garantir a consistência dos dados. A classificação dos veículos seguiu as categorias estabelecidas por Moraes (2013), sendo eles: carros, motos, ônibus, caminhões e vans, o que permitiu uma análise comparativa com estudos anteriores e garantiu a consistência metodológica. Com as diretrizes apresentadas anteriormente, é possível organizar uma tabela como a Tabela 12, que resume a comparação entre as metodologias utilizadas.

Tabela 12 - Modelo para análise das contagens volumétricas de tráfego

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS						
DATA E SENTIDO DA VIA:						
PERÍODO	VEÍCULO DE PASSEIO	MOTO	CAMINHÃO	VAN	ÔNIBUS	TOTAL

Fonte: Autores (2024)

3.2.2 Comparação com dados históricos

Para validar os resultados obtidos na pesquisa de tráfego, foi realizada uma comparação com dados históricos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. Este procedimento tem como objetivo verificar a consistência e a precisão dos dados coletados durante o presente estudo, bem como identificar tendências e mudanças nos padrões de tráfego ao longo do tempo.

Os dados históricos disponibilizados pela prefeitura abrangem registros de contagens de tráfego, acidentes, velocidade média dos veículos e uso de transporte público em diversos pontos da cidade. Esses dados são fundamentais para compreender o comportamento do tráfego em diferentes períodos e condições, fornecendo um panorama das dinâmicas de mobilidade urbana em Ponta Grossa. A metodologia para comparação com dados históricos incluiu as seguintes etapas:

1. Coleta de Dados Históricos: obtenção dos registros de tráfego fornecidos pela Prefeitura de Ponta Grossa, compostos por dados de contagem de veículos e fluxos de tráfego em horários de pico.
2. Análise Comparativa: realização de análise estatística para comparar os dados coletados durante a pesquisa atual com os dados históricos.
3. Identificação de Tendências e Variações: esta análise permitiu avaliar a influência gerada pela criação da nova ligação entre os loteamentos Jardim Royal e Vila Dal Col na rotatória na interseção entre a Rua Rio Verde e Rua Valerio Ronchi.
4. Avaliação de Confiabilidade: verificação da confiabilidade dos dados coletados na pesquisa atual em comparação com os dados históricos. Esta etapa envolveu a análise de consistência dos resultados e identificação de possíveis discrepâncias ou erros de medição.

3.2.3 Determinação do nível de serviço da rotatória

O Manual de Projeto de Interseções do DNIT (2005) oferece uma metodologia adaptada de normas alemãs (*Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen - HBS, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, 2001*) que apresentam um método para estimar a capacidade e os níveis de serviço para rotatórias de uma ou duas faixas, tanto na rotatória em si quanto nas vias de acesso para determinação do nível de serviço de rotatórias, essencial para

avaliar a eficiência e segurança das interseções rodoviárias. Esse manual se baseia em diretrizes específicas que levam em consideração diversos fatores, como o número de faixas nas aproximações e na própria rotatória, a geometria da interseção, os volumes de tráfego e as características dos veículos. A metodologia proposta pelo DNIT é adaptada às condições brasileiras e incorpora experiências e práticas de países que possuem estudos avançados sobre a capacidade de rotatórias.

a) Elaboração da Matriz de Origem e Destino

É fundamental conhecer as origens e destinos dos veículos que chegam à interseção, de modo a poder determinar todos os fluxos nos diversos ramos, qualquer que seja a solução adotada no projeto. Nos estudos de tráfego deverão ser feitas contagens classificatórias de origem e destino nos períodos de pico, separando os veículos pelos seus tipos: carros de passeio (VP), caminhões/ônibus (CO), semireboques/reboques (SR/RE), motocicletas (M), bicicletas (B). As matrizes devem ser transformadas em veículos equivalentes a carros de passeio (UCP), de acordo com a tabela de equivalência a seguir (Tabela 13).

Tabela 13 - Fatores de equivalência em unidades de carros de passeio (UCP)

Tipo de Veículo	VP	CO/O	SR/RE	M	B	SI
Fator de equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1

Fonte: Manual de Projetos de Interseções. (2005)

Para o caso em que se dispõe apenas de uma matriz de veículos sem classificação por tipo de veículo, adota-se o tipo “Sem Informação” (SI), cujo fator de equivalência médio é de 1,1 UCP. Com isso, foi determinada a Matriz em Carros de Passeio Equivalentes (Tabela 14), calculada através da soma das matrizes multiplicadas pelos fatores de equivalência correspondentes. O preenchimento dessa tabela é feito com base na análise de onde cada veículo realiza sua entrada e sua saída na rotatória, permitindo identificar os padrões de movimentação entre os diferentes acessos. Essa organização facilita o entendimento do fluxo entre as origens e destinos, evidenciando as rotas mais utilizadas e o impacto de cada tipo de veículo na capacidade total da interseção.

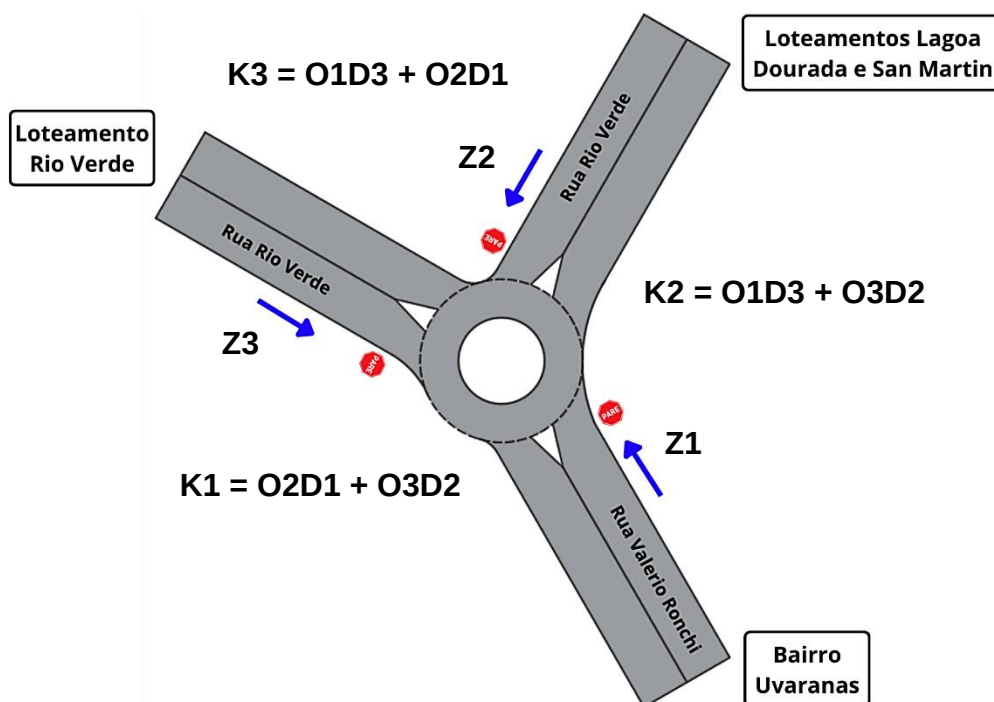
Tabela 14 - Matriz de origem/destino

Origem \ Destino	1	2	3	Total
1	0	x	x	x
2	x	0	x	x
3	x	x	0	x
Total	x	x	x	x

Fonte: adaptado do Manual de Projetos de Interseções, 2005)

Os volumes de tráfego que chegam à rotatória pelos diversos acessos são Z1, Z2 e Z3, como ilustrado na Figura 11. Esses valores são somas dos volumes com origens em cada um dos acessos 1 a 3, formando a última coluna da matriz. Os volumes de tráfego na rotatória antes de cada entrada, K1, K2 e K3 são calculados pelas expressões apresentadas na Figura 11, na qual O_iD_j representa o fluxo de tráfego originado no acesso i e destinado ao acesso j:

Figura 11 - Fluxos de tráfego na rotatória em estudo



Fonte: Autores (2024)

b) Determinação da Capacidade de Entrada

Os volumes na rotatória antes de cada entrada são fundamentais para a determinação da Capacidade Básica (G_i) de cada entrada (i), sendo este último parâmetro calculado de acordo com a Equação 1:

$$G_i = 3600 \cdot \left(1 - \frac{t_{\min} \cdot K_i}{n_k \cdot 3600}\right)^{n_k} \cdot \frac{n_z}{t_f} \cdot \exp\left[-\frac{K_i}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{\min}\right)\right] \quad (1)$$

onde:

G_i = capacidade básica da entrada i , em UCP/h

K_i = fluxo de tráfego na pista rotatória, em UCP/h;

n_{ki} = número de faixas de tráfego na pista rotatória antes da entrada i ;

n_{zi} = número de faixas de tráfego na entrada i ;

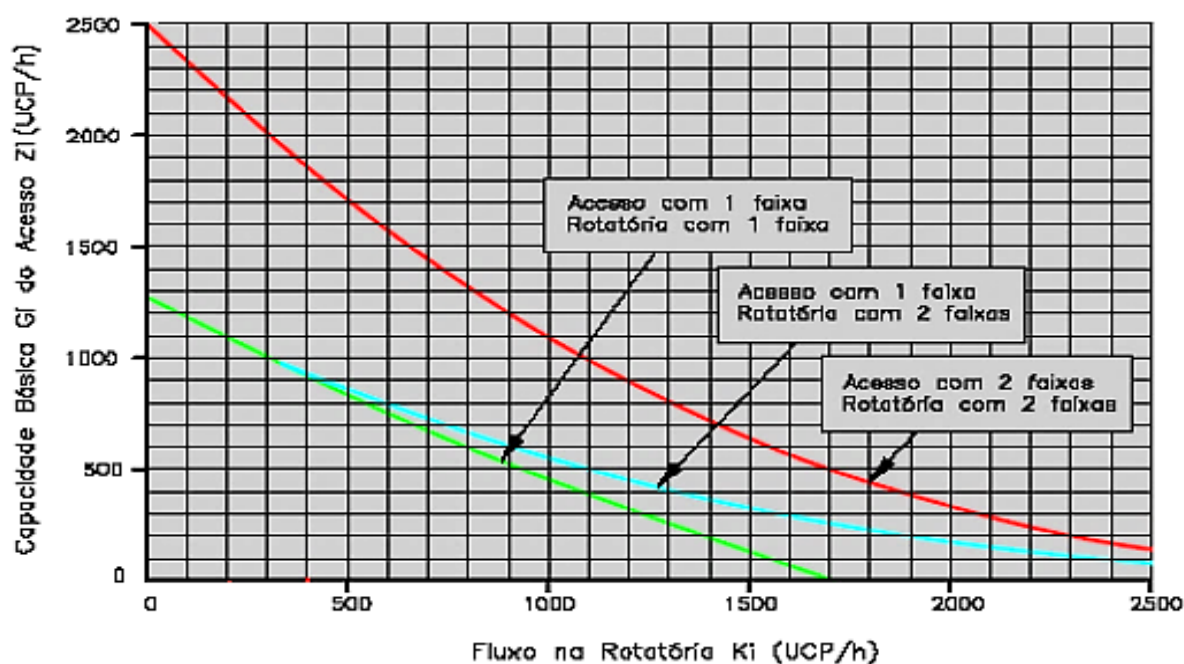
t_g = valor médio do intervalo mínimo entre veículos na rotatória, aceitável por veículos na entrada aguardando oportunidade de se inserir na rotatória, em segundos;

t_f = valor médio do intervalo entre dois veículos sucessivos da entrada, que entram no mesmo intervalo de veículos da rotatória, em segundos;

$t_{\min}$ = valor mínimo do intervalo entre veículos da rotatória, em segundos.

Na Alemanha são adotados os valores: $t_g = 4,1$ s, $t_f = 2,9$ s, $t_{\min} = 2,1$ s, que são recomendados para o Brasil, até que se determine experimentalmente valores mais condizentes com nossas condições. A Capacidade Básica (G_i) de cada entrada (i) pode também ser determinada usando o gráfico da Figura 12. São apresentadas três hipóteses: 1 faixa de tráfego na entrada e 1 na pista rotatória; 1 faixa de tráfego na entrada e 2 na pista rotatória; 2 faixas de tráfego na entrada e na pista rotatória.

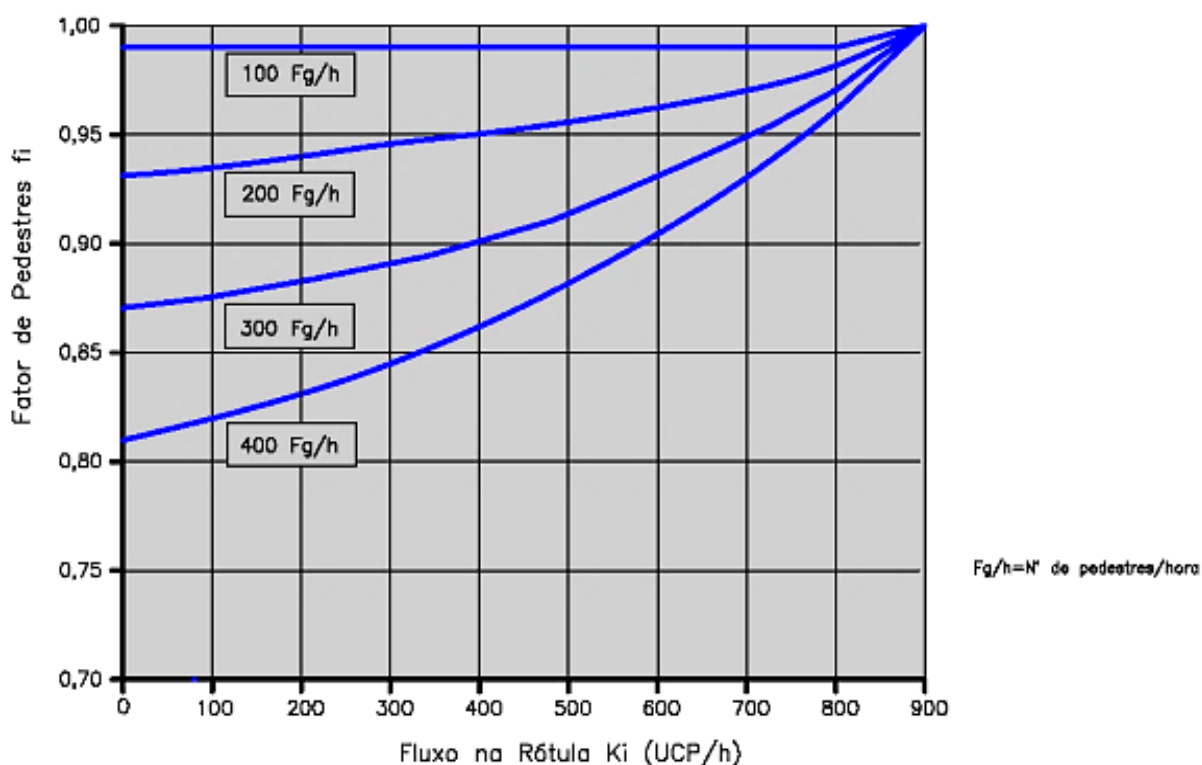
Figura 12 - Capacidade das entradas na rótula



Fonte: Manual de Projetos de Interseções. (2005)

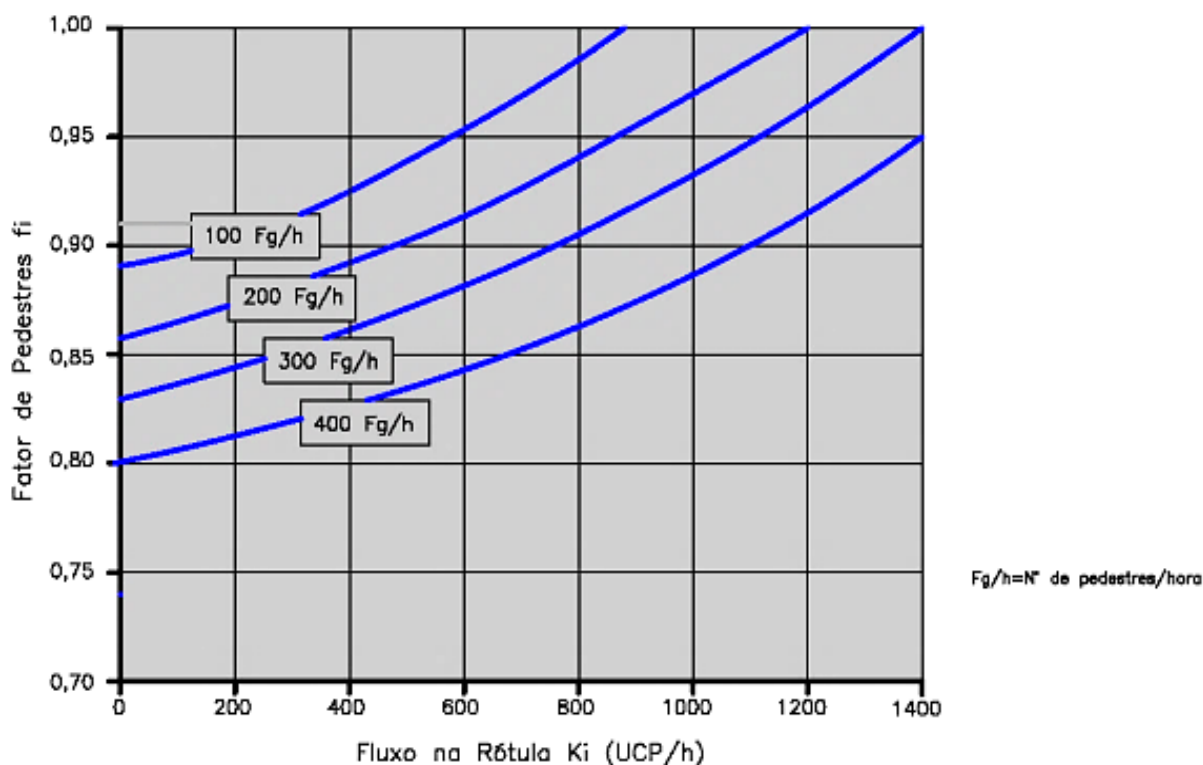
Para cada entrada (i) determina-se o Fator de Pedestres (f_i) em função do número de pedestres por hora (F_g/h). Esse fator de redução é determinado segundo o número de faixas de tráfego da pista rotatória, conforme ábacos ilustrados na Figura 13 e Figura 14. O Fator de Pedestres (f_i) leva em conta a redução de capacidade causada pela interferência dos pedestres que atravessam as vias de acesso. Quando o número de faixas não é igual na entrada e na pista rotatória, pode-se optar pelo menor fator de redução, por segurança. Dessa forma, a Capacidade da Entrada (C_i) é definida pelo produto entre Capacidade Básica da Entrada (G_i) e Fator de Pedestres (f_i). A Capacidade Residual (R_i) de cada entrada é a diferença entre Capacidade da Entrada (C_i) e Fluxo da Entrada (Z_i).

Figura 13 - Fator de redução (f_i) para considerar a influência da travessia de pedestres de uma entrada com uma faixa de tráfego a uma rótula com uma faixa de tráfego



Fonte: Manual de Projetos de Interseções. (2005)

Figura 14 - Fator de redução (f_i) para considerar a influência da travessia de pedestres de uma entrada com duas faixas de tráfego a uma rótula com duas faixas de tráfego

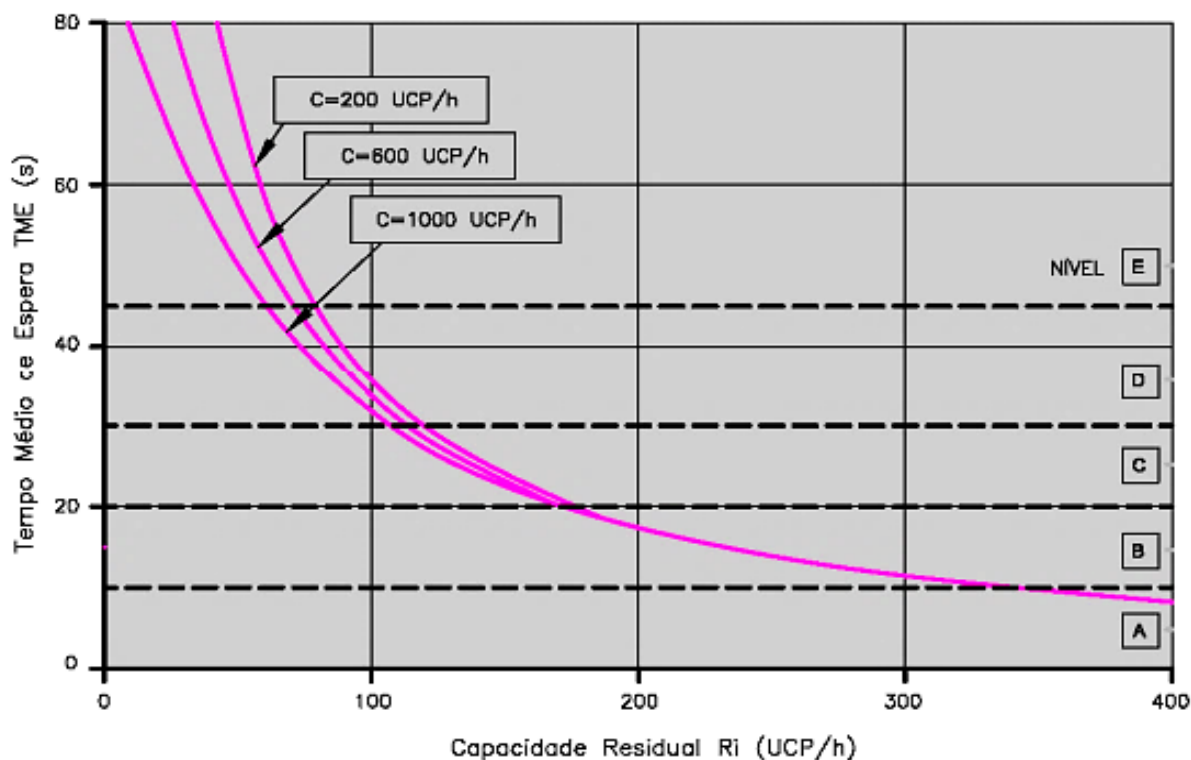


Fonte: Manual de Projetos de Interseções. (2005)

c) Determinação do Nível de Serviço

O Tempo Médio de Espera (TME_i) de cada entrada é obtido no ábaco da Figura 15, em função da Capacidade da Entrada (C_i) e da Capacidade Residual (R_i), interpolada entre as curvas da figura, ou usando curvas externas, quando ultrapassadas. Os Níveis de Serviço de A a F são definidos pelos tempos médios de espera (TME) na interseção, de acordo com a Tabela 15.

Figura 15 - Tempo médio de espera



Fonte: Manual de Projetos de Interseções. (2005)

O Nível de Serviço para cada entrada i é obtido na Tabela 15, em função do Tempo Médio de Espera TME_i , medido em segundos. A capacidade da entrada será ultrapassada quando a capacidade residual (R_i) for inferior a zero. O Nível de Serviço da Rótula foi obtido calculando o Tempo Médio de Espera da Rótula (TMER), sendo a média ponderada dos tempos de espera (TME) dos acessos, adotando como peso os volumes de tráfego Z_i . O nível de serviço da rótula será o mesmo da entrada que apresentar o menor nível de serviço. Tanto os ramos individuais da interseção quanto a rótula como um todo devem ter um nível de serviço mínimo igual a "D". Nas rodovias secundárias é aceitável um nível de serviço mínimo igual a "E". Se essas condições não forem atendidas, é necessário adotar uma solução alternativa.

Tabela 15 - Níveis de serviço em função dos tempos de espera

Nível de Serviço	Definição	Tempo médio de espera TME (s)
A	A maioria dos veículos da corrente de tráfego pode passar livremente pela interseção, praticamente sem sofrer atraso.	≤ 10
B	A capacidade de deslocamento dos veículos da corrente secundária é afetada pelo fluxo preferencial. Os tempos de espera são pequenos.	≤ 20
C	Os motoristas da corrente secundária têm que estar atentos a um número expressivo de veículos da corrente principal. Os tempos de espera são sensíveis. Começam-se a formar retenções de veículos, mas sem grande extensão e duração.	≤ 30
D	A maioria dos motoristas da corrente secundária é forçada a efetuar paradas, com sensível perda de tempo. Para alguns dos veículos os tempos de espera podem ser elevados. Mesmo que se formem retenções de extensões maiores, elas voltam a se reduzir. O movimento do tráfego permanece estável.	≤ 45
E	Formam-se retenções de veículos, que não se reduzirão enquanto permanecerem os mesmos volumes de tráfego. Os tempos de espera tornam-se muito elevados. Pequenos aumentos das interferências entre veículos podem provocar colapso do tráfego. Foi atingida a capacidade.	> 45
F	O número de veículos que chegam à interseção durante um longo intervalo de tempo é superior à capacidade. Formam-se longas e crescentes filas de veículos, com elevados tempos de espera. Esta situação é aliviada apenas com sensível queda dos volumes de tráfego. A interseção está sobrecarregada.	$R_i < 0$

Fonte: Manual de Projetos de Interseções. (2005)

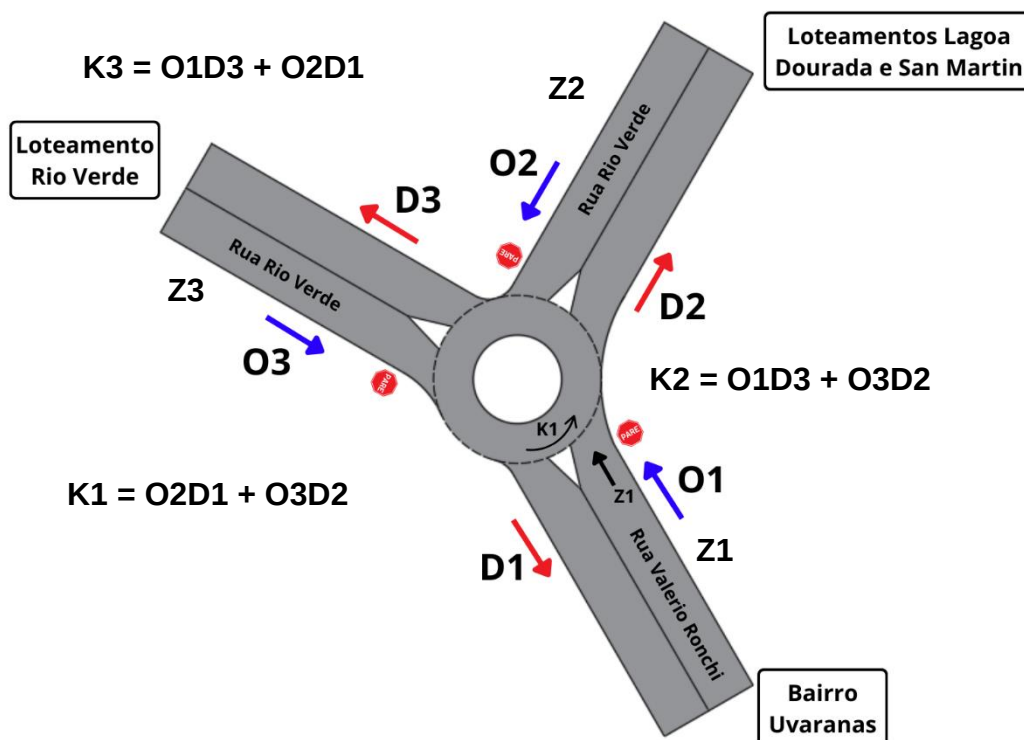
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo foi conduzido conforme previsto na metodologia, com a realização das sessões de contagem de tráfego em campo, sendo cinco na rotatória da interseção entre a Rua Rio Verde e Rua Valério Ronchi e cinco na ligação entre os loteamentos Jardim Royal e Vila Dal Col, no período estabelecido entre 17h30m e 18h30m. As contagens foram realizadas manualmente e complementadas com a utilização de filmagem no local, garantindo uma análise detalhada e precisa.

4.1 CONTAGEM VOLUMÉTRICA NA LOCALIZAÇÃO 1

Na primeira localização, a rotatória na interseção entre a Rua Rio Verde e Rua Valério Ronchi, foram realizadas cinco sessões de contagem volumétrica de tráfego entre os dias 02 a 06 de setembro, no período entre 17h30 e 18h30. Na Figura 16, são ilustrados os sentidos que cada origem e destino, no qual as setas de cor azul são as origens e as vermelhas, os destinos.

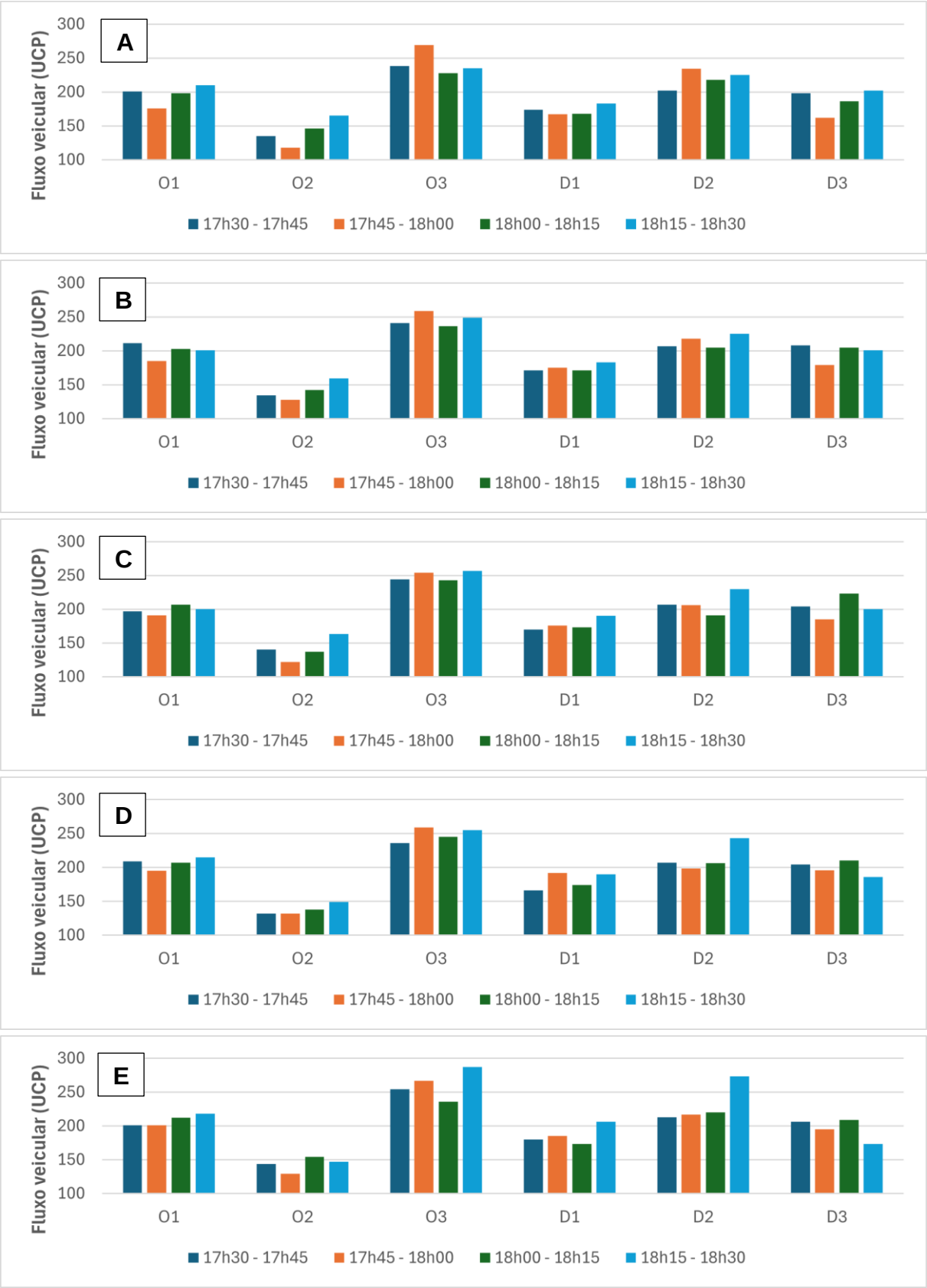
Figura 16 - Sentidos da contagem de tráfego na localização 1.



Fonte: Autores (2024)

A Figura 17 apresenta gráficos com os resultados obtidos, em UCP (Unidades de Carro de Passeio) pois foram contabilizados cerca de 2300 veículos diariamente nessa localização, que revelam os padrões de tráfego e os impactos do aumento do volume de veículos na área estudada.

Figura 17 - Contagem de veículos, em UCP, na localização 1 em intervalos de 15 minutos, sendo (A) dados contabilizados no dia 02/09/24 (B) dados contabilizados no dia 03/09/24 (C) dados contabilizados no dia 04/09/24 (D) dados contabilizados no dia 05/09/24 e (E) dados contabilizados no dia 06/09/24.



A análise das contagens volumétricas de tráfego realizadas na rotatória da interseção entre a Rua Rio Verde e Rua Valério Ronchi, entre os dias 02 e 06 de setembro de 2024, revela padrões consistentes de movimentação veicular, com variações significativas de fluxo entre os dias e horários monitorados. Os dados apresentados na Figura 17 mostram uma tendência de aumento ao longo da semana, com o maior pico sendo observado no dia 06 de setembro (sexta-feira), entre 18h15 e 18h30, totalizando 652 veículos. Este volume foi 6,2% maior que o valor médio registrado no mesmo intervalo nos demais dias (615 veículos). Segundo Dobrovolski (2024), segundas-feiras e sextas-feiras apresentam volumes maiores de tráfego devido ao início e término da semana de trabalho, com mais deslocamentos de longa distância e retorno de viagens. Isso reflete diretamente no aumento do fluxo nos horários de pico.

Em termos de origens, a Origem 3 (O3) foi a principal responsável pelo volume de tráfego ao longo dos dias. No dia 06 de setembro, O3 registrou 287 veículos no intervalo entre 18h15 e 18h30, representando 31% a mais do que a Origem 1 (O1), que contabilizou 218 veículos no mesmo período. Ao longo da semana, O3 foi responsável por aproximadamente 44% do volume total de veículos entre as três origens, evidenciando a sua relevância. Comparada à Origem 2 (O2), que registrou 147 veículos no mesmo período, O3 teve um volume 49% superior, confirmando que ela conecta áreas de maior densidade populacional e atividade comercial, como o Jardim Carvalho.

Por outro lado, ao comparar os destinos, observa-se que o Destino 2 (D2) foi o mais utilizado ao longo da semana, recebendo o maior volume de veículos em todos os dias analisados. No dia 06 de setembro, D2 contabilizou 273 veículos entre 18h15 e 18h30, o que representa um aumento de 32% em relação ao Destino 1 (D1), que teve 206 veículos no mesmo período. Ao longo da semana, D2 foi o destino de 41% dos veículos, enquanto D1 ficou com 32%, refletindo a importância de D2 como ponto de acesso para áreas comerciais e residenciais.

Já o Destino 3 (D3) teve o menor volume de tráfego em comparação com os outros destinos. No dia 06 de setembro, D3 registrou 173 veículos no intervalo entre 18h15 e 18h30, representando uma diferença de 37% a menos que D2 no mesmo período. Esse padrão de menor volume se manteve ao longo da semana, com D3 recebendo em média 27% menos veículos que D2.

Esses dados comparativos indicam que a movimentação entre as origens e destinos segue padrões consistentes, com a Origem 3 (O3) sendo a principal fonte de tráfego e o Destino 2 (D2) o ponto de maior chegada. A tendência de maiores volumes de tráfego nas segundas e sextas-feiras reforça a necessidade de intervenções na infraestrutura viária, principalmente nos horários de pico, para melhorar a fluidez e reduzir os congestionamentos causados pela concentração de veículos nesses dias.

As flutuações nos volumes de tráfego entre os diferentes dias da semana podem estar associadas a fatores como a rotina diária dos moradores, com um tráfego naturalmente mais alto nos dias úteis, especialmente na sexta-feira (06/09), que registrou o maior volume. A redução do tráfego nos horários iniciais do monitoramento (17h30 a 17h45) em comparação com os intervalos posteriores sugere que o fluxo aumenta progressivamente ao longo do horário de pico, atingindo seu ápice entre 18h15 e 18h30.

Além disso, ao analisar o fluxo de tráfego, é fundamental considerar o Fator Horário de Pico (FHP), conforme definido pelo DNIT (2006). O volume de veículos que passa por uma seção de uma via não é uniforme ao longo do tempo, e essa variação de tráfego entre períodos consecutivos de 15 minutos leva ao estabelecimento do FHP, que mede justamente essa flutuação e o grau de uniformidade do fluxo. O FHP é utilizado em estudos de capacidade das vias para determinar a eficiência e uniformidade do fluxo de veículos durante o horário de pico. Para encontrar o FHP, é utilizada a Equação 2, com base no volume total da hora de pico e no intervalo de 15 minutos com o maior fluxo de tráfego.

$$FHP = \frac{V_{HP}}{4 \cdot V_{15.MAX}} \quad (2)$$

Onde:

V_{HP} = Volume total da hora de pico;

$V_{15 MAX}$ = Volume dos 15 minutos mais solicitados;

O FHP varia teoricamente entre 0,25 (quando o fluxo está totalmente concentrado em apenas um dos intervalos de 15 minutos) e 1,00 (fluxo completamente uniforme ao longo do período de uma hora). No entanto, ambos os

extremos são casos raros. Valores de FHP comuns em áreas urbanas situam-se entre 0,80 e 0,98, com valores acima de 0,95 indicando grandes volumes de tráfego e, muitas vezes, restrições de capacidade durante a hora de pico.

Neste estudo, a comparação das contagens volumétricas realizadas ao longo de quatro períodos consecutivos de 15 minutos, entre 17h30 e 18h30, mostra variações no volume de veículos, conforme discutido anteriormente. Por exemplo, no dia 06 de setembro, o volume total de veículos passou de 563 veículos entre 17h30 e 17h45, para 652 veículos no intervalo de 18h15 a 18h30, representando uma variação significativa entre os períodos (16%). Essa flutuação exemplifica a importância de utilizar o FHP na análise, garantindo que a capacidade da via seja dimensionada adequadamente para comportar os picos de tráfego.

A adoção de intervalos de 15 minutos para o cálculo do FHP é recomendada porque intervalos menores podem resultar em superdimensionamento da via, causando um excesso de capacidade durante grande parte do horário de pico. Por outro lado, intervalos maiores podem resultar em subdimensionamento e períodos mais longos de saturação, levando a congestionamentos severos. No caso desta rotatória, os valores de FHP podem ser utilizados para dimensionar melhorias na infraestrutura, de modo a absorver adequadamente os volumes de tráfego que se concentram nos horários de maior demanda, especialmente nas sextas-feiras e segundas-feiras, que são os dias com maiores volumes de tráfego, conforme observado no estudo. Com isso, foi elaborado a Tabela 16 na qual calculou-se os fatores de hora de pico de cada dia de contagem e ao final, encontrou-se o valor médio de FHP.

Tabela 16 - Cálculo dos Fatores Horário de Pico

Data	02/09/24	03/09/24	04/09/24	05/09/24	06/09/24
FHP	0,950	0,964	0,950	0,958	0,939
FHP médio	0,952				

Fonte: AUTORES (2024).

Além disso, observou-se a formação de filas e congestionamentos significativos durante os horários de pico, especialmente nos intervalos entre 18h00 e 18h30, conforme registrado no dia 04 de setembro (Figura 18). A alta concentração de veículos oriundos principalmente da origem 3 em direção ao destino 2 contribuiu

para o acúmulo de tráfego, resultando em atrasos e redução da fluidez na circulação. Esses congestionamentos indicam uma sobrecarga na capacidade da rotatória em lidar com o volume crescente de veículos durante esses períodos críticos.

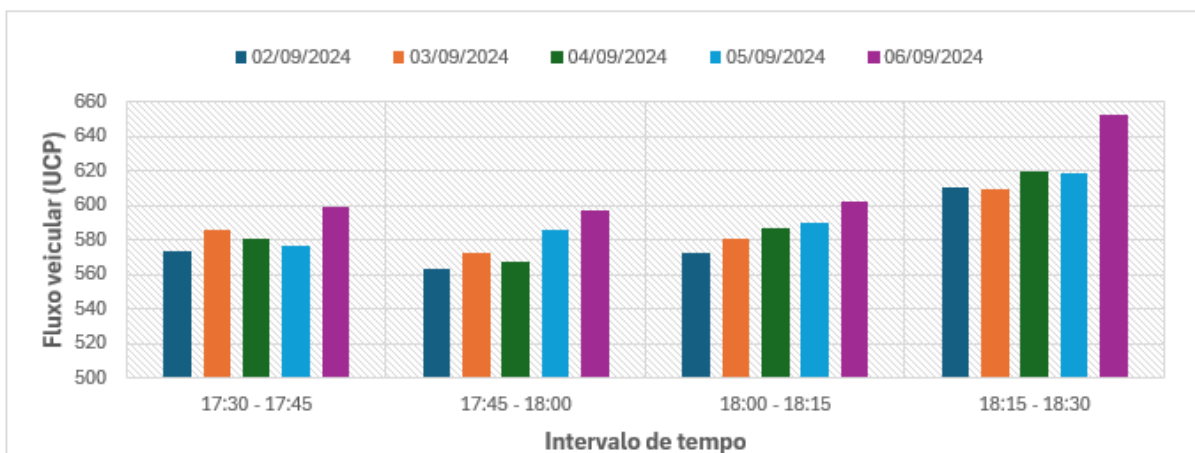
Figura 18 - Registro fotográfico da localização 1 no horário de pico



Fonte: Autores (2024)

Com base nos dados coletados in loco, foi gerado o gráfico apresentado na Figura 19, que evidencia as variações no fluxo de veículos durante os diferentes dias de contagem, segmentados em intervalos de 15 minutos. O gráfico destaca claramente os picos de tráfego, com maior solicitação entre 18h15 e 18h30 em todos os dias analisados. A tendência de aumento do fluxo durante esse período reforça a necessidade de intervenções para melhorar a fluidez viária, principalmente durante os horários de pico, quando a demanda atinge seu máximo. Esse comportamento é observado consistentemente ao longo dos dias, evidenciando assim, os desafios que a rotatória enfrenta para acomodar o tráfego crescente.

Figura 19 - Fluxo de veículos por intervalo de tempo na localização 1



Fonte: Autores (2024)

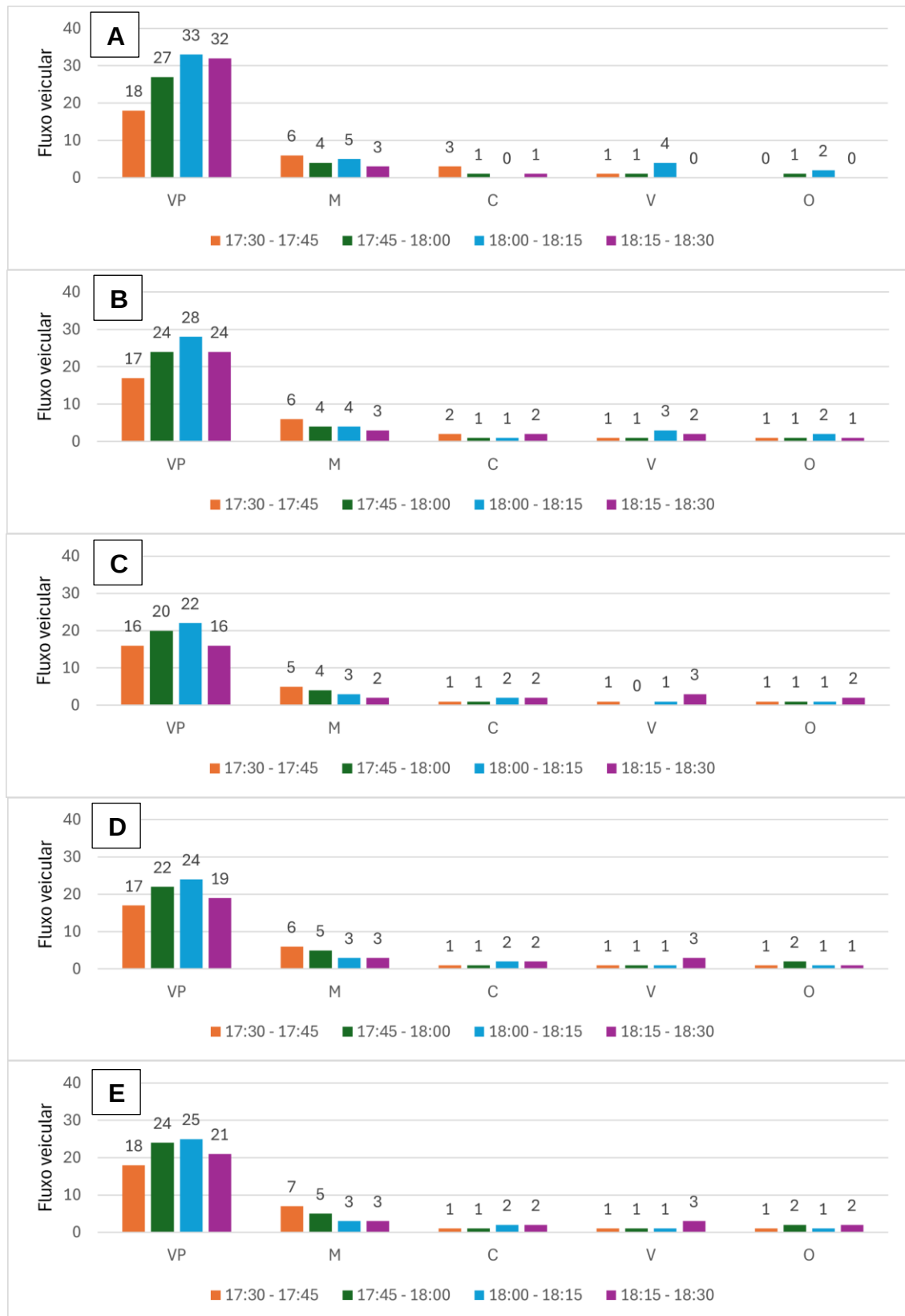
4.2 CONTAGEM VOLUMÉTRICA NA LOCALIZAÇÃO 2

A Figura 20 apresenta as contagens volumétricas de tráfego realizadas entre os dias 09 e 13 de setembro de 2024 para o Sentido 1 (Vila Dal Col → Jardim Royal), detalhando o fluxo de veículos em intervalos de 15 minutos entre 17h30 e 18h30. Os veículos foram classificados em diferentes tipos, representados pelas siglas: VP (Veículos de Passeio), M (Motos), C (Caminhões), V (Vans) e O (Ônibus).

Nos dados observados, os Veículos de Passeio (VP) representam a maior parte do tráfego em todos os dias e horários analisados. Por exemplo, no dia 12/09/2024, no intervalo entre 18h00 e 18h15, foram contabilizados 24 veículos de passeio, enquanto as outras categorias tiveram volumes significativamente menores. Os volumes de motos (M) e caminhões (C) também se mantiveram constantes, porém com menos representatividade em relação aos veículos de passeio.

Outro aspecto interessante é o pico de veículos observado no intervalo entre 18h00 e 18h15. No dia 09/09/2024, esse intervalo registrou o maior volume de tráfego com 33 veículos de passeio, 5 motos, e outras categorias com menor participação. Já os dias subsequentes apresentaram leves variações, com volumes menores no início e no final do horário de contagem, como, por exemplo, entre 17h30 e 17h45, onde os valores ficaram abaixo da média geral.

Figura 20 - Contagem de veículos na localização 2, sentido 1, em intervalos de 15 minutos, sendo (A) dados contabilizados no dia 09/09/24 (B) dados contabilizados no dia 10/09/24 (C) dados contabilizados no dia 11/09/24 (D) dados contabilizados no dia 12/09/24 e (E) dados contabilizados no dia 13/09/24.



Fonte: Autores (2024)

A Figura 21 mostra as contagens volumétricas realizadas no Sentido 2 (Jardim Royal → Vila Dal Col), ao longo dos dias 09 a 13 de setembro de 2024, em intervalos de 15 minutos entre 17h30 e 18h30. Os veículos foram classificados em diferentes categorias: VP (Veículos de Passeio), M (Motos), C (Caminhões), V (Vans) e O (Outros).

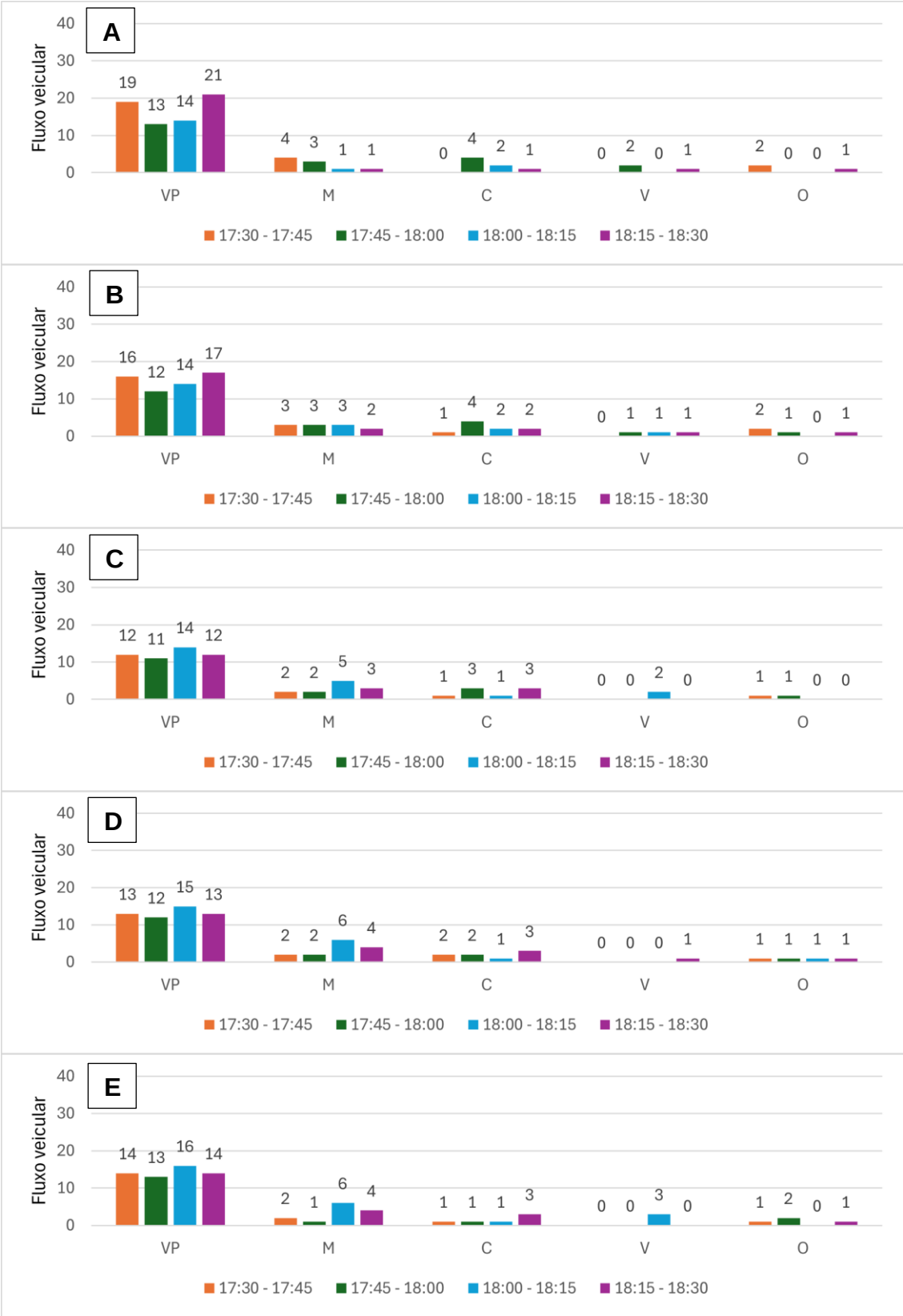
Em contraste com o Sentido 1, o fluxo de tráfego no Sentido 2 apresentou volumes bem mais baixos, com os Veículos de Passeio (VP) dominando as contagens, embora em menores quantidades. No dia 09/09/2024, por exemplo, o intervalo de 17h30 a 17h45 registrou 19 veículos de passeio, que foi o maior valor observado nesse sentido. Nos demais dias e horários, a quantidade de VP variou de 11 a 17 veículos, indicando uma demanda mais leve e consistente nesse sentido.

Os Caminhões (C) e Motos (M) aparecem em números modestos. Os caminhões, por exemplo, alcançaram um pico de 4 veículos no intervalo entre 17h45 e 18h00 nos dias 09 e 10 de setembro, mas nos outros intervalos se mantiveram em níveis baixos. Motos e veículos da categoria Outros (O) também apresentaram volumes baixos, reforçando o perfil predominantemente leve do tráfego nesse sentido.

O fluxo total no Sentido 2 foi mais concentrado nos primeiros intervalos do horário de pico, especialmente entre 17h30 e 18h00, com um leve decréscimo entre 18h00 e 18h15. Em termos de movimentação diária, o 09/09/2024 apresentou o maior volume total, enquanto outros dias, como 11/09/2024, mostraram menor demanda de tráfego.

Esses dados reforçam que o Sentido 2 possui um fluxo moderado, com menor pressão sobre a infraestrutura, o que pode indicar uma menor demanda por viagens em direção a Vila Dal Col no final da tarde. Isso contrasta com o Sentido 1, onde os volumes foram mais elevados, evidenciando um comportamento diferenciado nas direções de tráfego entre os dois loteamentos.

Figura 21 - Contagem de veículos na localização 2, sentido 2, em intervalos de 15 minutos, sendo (A) dados contabilizados no dia 09/09/24 (B) dados contabilizados no dia 10/09/24 (C) dados contabilizados no dia 11/09/24 (D) dados contabilizados no dia 12/09/24 e (E) dados contabilizados no dia 13/09/24.



Fonte: Autores (2024)

Apesar de a nova ligação permitir um acesso alternativo a loteamentos como San Martin, Jardim Lagoa Dourada e Residencial Costa Rica, as contagens indicam um uso relativamente baixo dessa rota, especialmente quando comparada ao volume de tráfego na rotatória da localização 1. Esse baixo volume sugere que muitos motoristas ainda preferem a rotatória na interseção das ruas Rio Verde e Valério Ronchi.

A infraestrutura da via também pode influenciar essa escolha, especialmente pela presença da trincheira estreita na Rua Rio Verde (Figura 22). Motoristas que utilizam a nova ligação e precisam acessar loteamentos como Lagoa Dourada, Residencial Londres e Jardim Costa Rica acabam passando pela trincheira, cujas limitações físicas tornam o trajeto menos atraente, principalmente para veículos maiores, como caminhões e vans. Esse fator gera uma fluidez mais lenta, fazendo com que a rotatória permaneça a principal opção para o acesso.

Figura 22 - Trincheira de entrada ao loteamento San Martin acessando pela rotatória da rua Rio verde



Fonte: Autores, adaptado de Google Earth (2024)

Na análise das contagens diárias em Unidades de Carro de Passeio (UCP), observa-se na Tabela 17, que o Sentido 1 (Vila Dal Col → Jardim Royal) apresenta maior volume. O maior fluxo ocorreu no dia 09/09/2024, com um total de 150 UCP, e seu pico foi registrado entre 18h00 e 18h15 com 47 UCP – representando 31% do tráfego diário. Em outros dias, o volume variou de 113 a 138 UCP, demonstrando estabilidade com leve queda de aproximadamente 7,3% durante a semana.

Tabela 17 - Contagem volumétrica na localização 2 (Sentido 1), em UCP

	Sentido 1: Vila Dal Col → Jardim Royal				
	09/09/2024	10/09/2024	11/09/2024	12/09/2024	13/09/2024
17:30 - 17:45	30	29	26	28	30
17:45 - 18:00	36	33	27	33	35
18:00 - 18:15	47	41	31	33	34
18:15 - 18:30	37	35	29	31	35
TOTAL	150	138	113	125	134
FHP	0,798	0,841	0,911	0,947	0,957
FHP médio	0,891				

Fonte: Autores (2024)

Como demonstrado na Tabela 18, no Sentido 2 (Jardim Royal → Vila Dal Col), os volumes são bem menores, variando entre 80 e 96 UCP. O menor fluxo ocorreu em 11/09/2024 com 80 UCP, representando 46,7% do volume registrado no Sentido 1 no mesmo dia, enquanto o maior volume foi em 09/09/2024 com 96 UCP, equivalente a 64% do total do Sentido 1. O pico desse sentido ocorreu entre 18h15 e 18h30 no dia 13/09/2024 com 28 UCP, também representando 31% do volume diário.

A comparação entre os sentidos mostra que o tráfego no Sentido 1 foi consistentemente maior ao longo da semana. Por exemplo, no dia 09/09/2024, o tráfego no Sentido 1 foi 56,3% superior ao do Sentido 2 (150 UCP contra 96 UCP). Já no dia 13/09/2024, essa diferença diminuiu para 48,9% (134 UCP contra 90 UCP). Essa assimetria de fluxo pode ser atribuída ao padrão de deslocamento dos moradores, com maior demanda no sentido Vila Dal Col → Jardim Royal no final da tarde, enquanto o retorno no sentido oposto ocorre em menor volume.

Tabela 18 - Contagem volumétrica na localização 2 (Sentido 2), em UCP

	Sentido 2: Jardim Royal → Vila Dal Col				
	09/09/2024	10/09/2024	11/09/2024	12/09/2024	13/09/2024
17:30 - 17:45	26	24	17	20	19
17:45 - 18:00	25	24	19	19	19
18:00 - 18:15	18	22	24	24	28
18:15 - 18:30	27	25	20	25	24
TOTAL	96	95	80	88	90
FHP	0,889	0,950	0,833	0,880	0,804
FHP médio	0,871				

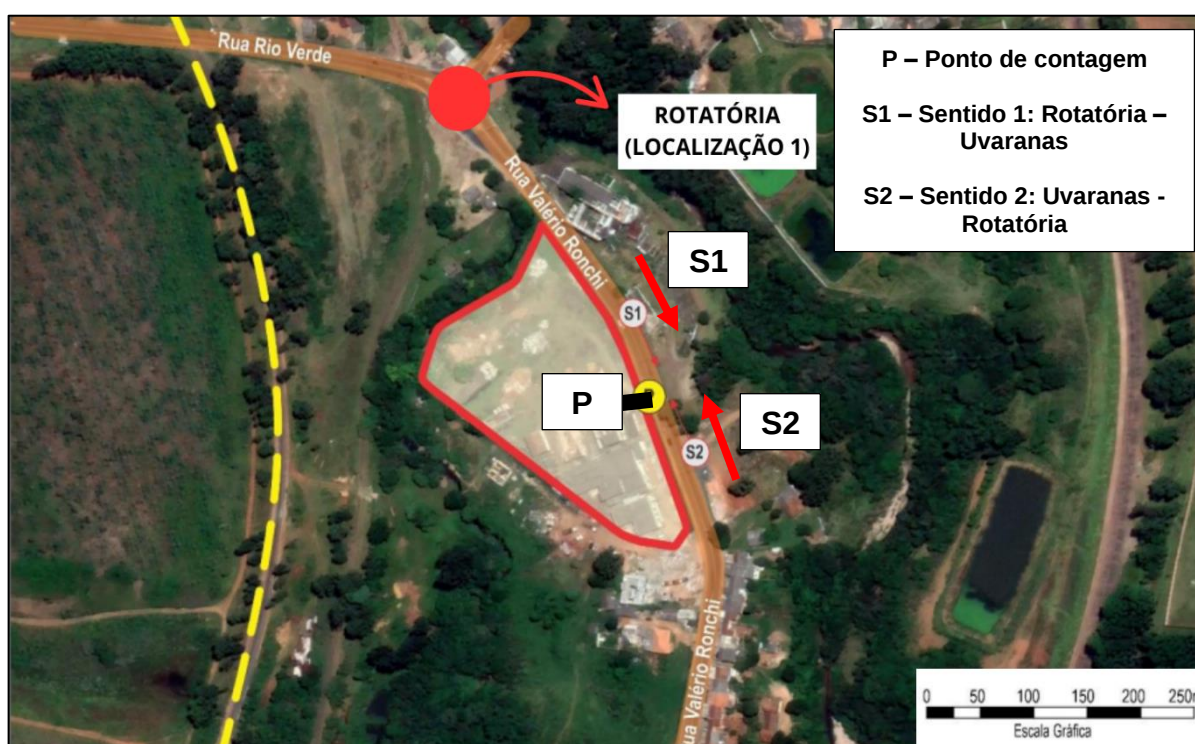
Fonte: Autores (2024)

Essa assimetria de utilização entre os dois sentidos pode ser explicada pelo padrão de deslocamento da população, com um maior volume de veículos em direção aos loteamentos residenciais no final da tarde, especialmente no sentido Vila Dal Col → Jardim Royal. O retorno no sentido contrário, Jardim Royal → Vila Dal Col, ocorre em menor escala, possivelmente devido à menor quantidade de veículos saindo desses loteamentos em direção ao centro no mesmo horário.

4.3 COMPARAÇÃO COM OS DADOS HISTÓRICOS

Antes de proceder à análise comparativa dos dados de tráfego coletados em campo com os registros históricos fornecidos pela Prefeitura de Ponta Grossa, é importante apresentar os principais dados históricos disponíveis para a região estudada. As contagens de tráfego realizadas na localização apresentada na Figura 23 e considerando os dois sentidos da via como demonstrado na imagem, oferecem uma visão detalhada do comportamento do fluxo veicular da rotatória. Esta contagem foi realizada no ano de 2021, anterior à inauguração da ligação em estudo. Esses dados históricos são essenciais para entender as mudanças no volume de tráfego ao longo do tempo e identificar tendências que auxiliem no planejamento de melhorias na infraestrutura viária local.

Figura 23 - Localização da contagem de veículos realizada no ano de 2021.



Fonte: Orbienge. (2021)

A seguir, são apresentadas as tabelas com os dados históricos de tráfego coletados em 2021. Esses dados fornecem uma base comparativa importante para avaliar as mudanças no fluxo de veículos após a implementação da nova via. A Tabela 19 apresenta as contagens históricas de veículos, em UCP, que serão utilizadas para comparações diretas com os dados de 2024, permitindo identificar tendências de crescimento ou declínio no tráfego da região.

Tabela 19 - Contagem volumétrica de veículos na Rua Valério Ronchi no ano de 2021 em ambos os sentidos de tráfego (S1 e S2).

	Sentido 1		Sentido 2	
	28/04/2021 (Quarta-feira)	29/04/2021 (Quinta-feira)	28/04/2021 (Quarta-feira)	29/04/2021 (Quinta-feira)
17:30 - 17:45	143,41	165,68	155,59	142,09
17:45 - 18:00	162,74	150,46	149,76	167,88
18:00 - 18:15	161,62	157,57	193,77	187,87
18:15 - 18:30	160,11	122,63	146,34	125,03

Fonte: Adaptado de Orbieng. (2021)

Para possibilitar uma comparação eficaz entre os dados de tráfego coletados em campo e aqueles fornecidos pela Prefeitura de Ponta Grossa, é necessário relacionar os dados obtidos. Isso se deve ao fato de que os registros históricos abrangem apenas a Rua Valério Ronchi. Assim, pressupõe-se que os veículos contabilizados em 2024 no sentido 1 (definido em 2021) correspondem aos veículos que saem da rotatória (Localização 1) em direção à Rua Valério Ronchi, independentemente da entrada utilizada. Além disso, os veículos contabilizados na Localização 2, sentido 2 (Jardim Royal → Vila Dal Col), também devem ser incluídos, uma vez que, sem a nova ligação, esses veículos teriam que utilizar a rotatória para acessar seus destinos.

Na Tabela 20, são apresentados dados segregados, permitindo assim uma comparação mais clara entre o tráfego antes e após a inauguração da nova ligação, oferecendo uma visão detalhada dos efeitos da nova via sobre a fluidez e redistribuição do tráfego na área. Para obter dados mais objetivos, foi realizada a média aritmética com os dados de quartas e quintas-feiras.

É importante destacar que os dados da Tabela 20 foram coletados em meses diferentes, o que, conforme as diretrizes do DNIT (2006), exige a conversão dos volumes de tráfego para valores anuais. Para isso, deve-se utilizar um fator de correção pré-definido que ajusta os dados mensais de acordo com a variação de tráfego ao longo do ano.

Tabela 20 - Comparação dos dados de tráfego do sentido 1 da Rua Valério Ronchi (2021 vs. 2024)

	2021	Localização 1 - 2024	Localização 2 - 2024
17:30 - 17:45	155	168	19
17:45 - 18:00	157	184	19
18:00 - 18:15	160	174	24
18:15 - 18:30	141	190	23

Fonte: Autores (2024).

Na Tabela 22, são apresentados os fatores de correção estabelecidos pelo DER-PR para cada mês, e na Tabela 23, os dados de tráfego já ajustados com a aplicação desses fatores, proporcionando uma análise mais precisa e representativa do volume anual de tráfego na área em estudo. Para o ajuste dos dados de 2021, utilizou-se o coeficiente médio de abril, enquanto para o ajuste dos dados de 2024, aplicou-se o valor médio de setembro, garantindo que os volumes refletissem adequadamente as condições anuais de tráfego para cada ano analisado.

Tabela 21 - Coeficiente de variação mensal (CVM)

VEIC	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A	1,03	1,06	0,97	1,00	1,02	0,82	1,04	0,94	1,02	1,03	1,07	1,03
O	1,04	0,92	1,00	0,92	0,97	0,95	1,05	1,03	0,98	1,03	1,00	1,11
C	0,97	0,87	0,91	1,02	1,11	1,00	1,03	0,90	1,18	0,96	1,16	0,89
MED	1,01	0,94	0,96	0,98	1,03	0,92	1,04	0,96	1,06	1,01	1,08	1,01

Fonte: Dobrovolski (2024).

Tabela 22 - Comparação dos dados de tráfego corrigidos com coeficiente de variação mensal do sentido 1 da Rua Valério Ronchi (2021 vs. 2024)

	2021	Localização 1 - 2024	Localização 2 - 2024
17:30 - 17:45	152	178	20
17:45 - 18:00	154	195	20
18:00 - 18:15	157	184	25
18:15 - 18:30	138	201	24

Fonte: Autores (2024).

Os resultados mostram que, mesmo com a inauguração da nova ligação, o fluxo de veículos na rotatória (Localização 1) permanece elevado, observa-se, por exemplo, que no intervalo entre 17h45 e 18h00, o volume de tráfego na rotatória passou de 157 veículos em 2021 para 184 veículos em 2024, mesmo com outros 19 veículos utilizando a nova ligação no mesmo período. Da mesma forma, entre 18h15 e 18h30, o fluxo na rotatória aumentou de 141 veículos em 2021 para 190 veículos em 2024, com 23 veículos desviando para a nova ligação.

Esses números indicam que a nova infraestrutura tem ajudado a redistribuir o tráfego, mas não o suficiente para aliviar totalmente a pressão sobre a rotatória. Para o Sentido 2 dos dados históricos, considera-se os veículos contabilizados em 2024 que acessaram a rotatória pela Rua Valério Ronchi, independentemente da saída utilizada na rotatória. Além disso, os veículos da Localização 2 - Sentido 2 também devem ser incluídos, pois, antes da inauguração da nova ligação, esses veículos necessariamente utilizariam a rotatória para acessar seus destinos. Ademais, será utilizado o mesmo padrão com os dados, no qual é realizada a média aritmética dos valores de quarta e quinta-feira. Esse ajuste nos dados permite uma análise mais completa e precisa do impacto da nova ligação no tráfego da região.

A Tabela 23 apresenta os dados brutos de contagem de tráfego no sentido 2 da Rua Valério Ronchi nos anos de 2021 e 2024, enquanto que a Tabela 24 apresenta os dados corrigidos com o coeficiente de variação mensal, conforme recomendado pelo DER, para transformar os volumes mensais de tráfego em valores anuais. Essa correção garante que as flutuações sazonais sejam consideradas na análise, proporcionando uma visão mais realista do impacto da nova infraestrutura sobre a fluidez e a redistribuição do tráfego ao longo do ano.

Tabela 23 - Comparação dos dados de tráfego do sentido 2 da Rua Valério Ronchi (2021 vs. 2024)

	2021	Localização 1 - 2024	Localização 2 - 2024
17:30 - 17:45	149	203	27
17:45 - 18:00	159	193	30
18:00 - 18:15	191	207	32
18:15 - 18:30	136	208	30

Fonte: Autores (2024)

Tabela 24 - Comparação dos dados de tráfego corrigidos com coeficiente de variação mensal do sentido 2 da Rua Valério Ronchi (2021 vs. 2024)

	2021	Localização 1 - 2024	Localização 2 - 2024
17:30 - 17:45	146	215	29
17:45 - 18:00	156	205	32
18:00 - 18:15	187	219	34
18:15 - 18:30	133	220	32

Fonte: Autores (2024).

Os dados da Tabela 24, corrigidos com o coeficiente de variação mensal, indicam um aumento considerável no fluxo de veículos em 2024, especialmente na Localização 1 (rotatória). Por exemplo, no intervalo entre 17h30 e 17h45, o volume de tráfego na rotatória passou de 146 veículos em 2021 para 215 veículos em 2024, com outros 29 veículos utilizando a nova ligação. Isso representa um aumento de 36% na rotatória, mesmo com a nova via em operação, sugerindo que a demanda por mobilidade na região continua a crescer.

No intervalo entre 18h00 e 18h15, o volume foi ainda mais elevado, com 219 veículos na rotatória e 34 veículos desviados para a nova ligação. Comparando com os 187 veículos em 2021, houve um aumento de 8,4% no tráfego da rotatória, além dos veículos redirecionados para a nova via. No intervalo final, entre 18h15 e 18h30, o fluxo na rotatória aumentou de 133 veículos em 2021 para 220 veículos em 2024, representando um aumento expressivo de 52,9%, com outros 32 veículos utilizando a nova ligação. Essa análise demonstra que, embora a nova ligação tenha absorvido entre 11,7% e 13,4% do tráfego total nas diferentes faixas horárias analisadas, o volume de veículos na rotatória aumentou significativamente. Isso pode ser explicado pelo alto crescimento de habitações da região, gerando assim, um crescimento na frota de veículos que, segundo a SENATRAN (2024), cresce em média 3% ao ano. Como essa taxa de crescimento médio anual se trata de uma taxa exponencial, o crescimento médio da frota em 3 anos resulta em um aumento acumulado de 9,27%.

A Tabela 25 revela que, ao comparar os volumes de tráfego de 2021 e 2024, houve um crescimento médio anual de 17% nas diferentes faixas horárias, com aumentos variando de 11% a 24% em períodos específicos. Isso reforça a necessidade de novas soluções para melhorar a fluidez viária e mitigar os impactos do crescimento da frota na área. Além disso, o contínuo desenvolvimento urbano e populacional da região contribui para o volume elevado de tráfego, mesmo com a nova infraestrutura.

Tabela 25 – Análise do crescimento de fluxo de veículos nas contagens de 2021 para 2024.

2021	2024	% Anual	% Médio
146	244	19%	17%
156	237	15%	
187	253	11%	
133	252	24%	

Fonte: AUTORES (2024).

A comparação dos dados de tráfego entre 2021 e 2024 revela que, apesar da introdução da nova ligação entre Vila Dal Col e Jardim Royal, o volume de veículos na rotatória da Rua Valério Ronchi aumentou significativamente. Embora a nova via tenha ajudado a desviar uma parcela do tráfego, a crescente demanda por mobilidade, impulsionada pelo aumento da frota de veículos e pelo desenvolvimento urbano na região, manteve a rotatória sobrecarregada. Isso evidencia que, apesar do impacto positivo da nova ligação, a infraestrutura existente ainda não é suficiente para lidar com o volume atual de veículos, destacando a necessidade de novas intervenções viárias para melhorar a fluidez e mitigar os congestionamentos futuros.

4.4 NÍVEL DE SERVIÇO DA ROTATÓRIA

A Tabela 26 apresenta a matriz de volumes em Unidades de Carros de Passeio (UCP), assim como a determinação da capacidade e do nível de serviço da rotatória na interseção das ruas Rio Verde e Valério Ronchi. Os dados incluem o volume de tráfego em cada acesso (Z_i), a capacidade dos arcos de saída (K_i), a capacidade básica da rotatória (G_i), os fatores de pedestres (f_i) e a capacidade residual (R_i). Com essas informações, é possível calcular o tempo médio de espera (TME) em segundos e classificar o nível de serviço da rotatória, conforme os critérios de desempenho viário estabelecidos.

Tabela 26 - Determinação dos níveis de serviço da rotatória

MATRIZ DE VOLUMES EM UNIDADES DE CARROS DE PASSEIO								
Destino		1	2	3			Zi	Ki
Origem	1	0	325	482			807	803
	2	259	0	304			563	1026
	3	455	544	0			999	741
DERTERMINAÇÃO DA CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO								
Acesso ou arco	Acesso Zi (UCP/h)	Arco Ki (UCP/h)	Capac. Básica Gi (UCP/h)	Fator de pedestre e fi	Capac. Ci (UCP/h)	Capac. Residual Ri (UCP/h)	Tempo Médio Espera TME (s)	Nível de Serviço
1	807	803	616,91	1,00	616,91	-190,09	>45	F
2	563	1026	377,23	1,00	377,23	-185,77	>45	F
3	999	741	698,73	1,00	698,73	-300,27	>45	F
Nível de Serviço da Rotatória: F								
Tempo Médio de Espera da rótula: > 45 segundos								

Fonte: Autores (2024)

No cálculo do Nível de Serviço da rotatória, foi adotado o fator de pedestres (fi) igual a 1, uma vez que, durante as contagens volumétricas, não foi observada uma quantidade significativa de pedestres que interferisse de maneira relevante no tráfego. Esse valor reflete a baixa influência dos pedestres na dinâmica da rotatória, indicando que o fluxo veicular não sofreu impactos significativos devido ao movimento de pessoas atravessando ou circulando nas proximidades da interseção.

A análise do nível de serviço da rotatória na interseção das Rua Rio Verde e Rua Valério Ronchi, utilizando a matriz de volumes em Unidades de Carros de Passeio (UCP), indica que a rotatória opera em condições críticas de desempenho. Os dados mostram que os acessos apresentam uma demanda significativamente superior à sua capacidade, resultando em um Nível de Serviço "F", o nível mais crítico possível na escala de desempenho viário, que reflete congestionamento severo e tempos de espera extremamente elevados, ou seja, a rotatória está operando além da sua capacidade.

No acesso 1, com um volume de tráfego de 807 UCP/h e uma capacidade básica de 616,91 UCP/h, a rotatória apresenta uma capacidade residual negativa de 190,09 UCP/h, o que gera tempos médios de espera superiores a 45 segundos. Situação semelhante ocorre no acesso 3, com um volume de 999 UCP/h e uma capacidade básica

de 698,73 UCP/h, resultando em uma capacidade residual negativa de 300,27 UCP/h e também um Nível de Serviço “F”. O acesso 2 também opera com um Nível de Serviço F, com tempos médios de espera superiores a 45 segundos e uma capacidade residual negativa de 185,77 UCP/h, indicando que todos os acessos da rotatória estão sobrecarregados.

O tempo médio de espera total da rotatória, superior a 45 segundos, e o Nível de Serviço F nos três acessos, refletem um congestionamento significativo e uma infraestrutura viária que não é capaz de suportar adequadamente o volume atual de veículos. Esses resultados reforçam a necessidade de melhorias ou intervenções na rotatória para aumentar sua capacidade e reduzir os tempos de espera, de modo a melhorar a fluidez do tráfego e a qualidade da circulação na região.

4.5 POLOS GERADORES DE VIAGENS

A identificação e análise dos PGVs são fundamentais para entender os padrões de mobilidade e implementar estratégias adequadas de planejamento urbano e gestão viária. Na área de estudo, destacam-se vários PGVs (Figura 24) com impacto significativo na circulação de veículos, incluindo instituições de ensino, supermercados, postos de combustível e estabelecimentos comerciais. Esses locais possuem fluxos de veículos variados, dependendo da hora do dia, e são cruciais para a caracterização do tráfego local:

- **Instituições de Ensino:** As escolas e centros de educação, como o CMEI Itamara Ap^a Alves de Almeida, E.M. Prof. Glacy Camargo Seccô, E.M. General Aldo Bonde, e outras mencionadas no mapa, são geradores de tráfego intenso, especialmente nos horários de início e término das aulas. Esses horários de pico exigem um planejamento específico, pois o volume de veículos aumenta consideravelmente, impactando o trânsito nas vias circunvizinhas.

Figura 24 - Polos geradores de tráfego.



Fonte: Autores (2024)

- **Supermercados e Estabelecimentos Comerciais:** Locais como o Supermercado Mariano, JS Supermercado, Mercado Kamarão e a Padaria Rio Verde também são importantes PGVs. Eles atraem um fluxo constante de veículos ao longo do dia, especialmente em horários comerciais e aos finais de semana, quando o volume de clientes é maior. Esses estabelecimentos não apenas afetam o tráfego nas vias principais, mas também geram a necessidade de áreas de estacionamento adequadas e fluxo eficiente de entrada e saída de veículos.
- **Postos de Combustível e Serviços:** O Posto Rotta 400 e a Agropecuária Alternativa são exemplos de PGVs que atraem tanto veículos leves quanto pesados, especialmente no caso de veículos comerciais que utilizam esses serviços regularmente. Esses locais geram uma demanda constante de viagens e têm um impacto considerável no tráfego local, exigindo que as vias ao redor sejam preparadas para suportar o fluxo gerado.

Além dos estabelecimentos mencionados, é importante destacar o impacto significativo que a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) - Campus Uvaranas exercem no tráfego da região. Ambas as instituições atraem diariamente um grande número de

estudantes e funcionários, resultando em um fluxo intenso de veículos, especialmente nos horários de pico, como o início e término das aulas.

As áreas de estudo se encontram estrategicamente localizadas entre essas duas universidades, o que as coloca em uma zona de grande circulação. Esse posicionamento no meio de duas instituições tão relevantes intensifica o trânsito, já que muitos usuários das vias passam por essas regiões em seus deslocamentos diários. Essa condição gera uma pressão adicional sobre a infraestrutura viária, exigindo intervenções que promovam a fluidez do tráfego, como rotas alternativas, reestruturação viária e políticas de transporte público eficientes, que possam mitigar o impacto desse intenso movimento entre os polos universitários.

A análise dos PGVs da região permite compreender melhor os desafios enfrentados pela mobilidade urbana local e fornece subsídios para a elaboração de políticas públicas voltadas para a melhoria do trânsito e da qualidade de vida dos habitantes. Propostas de soluções como a reestruturação viária, criação de áreas de embarque e desembarque em instituições de ensino, e o planejamento de rotas alternativas são fundamentais para mitigar o impacto desses polos geradores de viagens no tráfego da região.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar o impacto que a ligação entre os loteamentos Jardim Royal e Vila Dal Col gerou no tráfego da rotatória localizada na interseção entre a Rua Valério Ronchi e Rua Rio Verde. Através de contagens volumétricas realizadas em diferentes períodos e comparações com dados históricos, foi possível identificar padrões de tráfego e avaliar as mudanças ocorridas após a implementação da nova infraestrutura.

Os resultados demonstraram que, embora a nova ligação tenha contribuído para a redistribuição do tráfego, a rotatória ainda enfrenta congestionamentos significativos, evidenciados pelos elevados volumes de veículos e pelos baixos níveis de serviço registrados. Além disso, apesar de não ter influenciado o fluxo geral de veículos, a nova ligação teve um impacto positivo no transporte público, que agora utiliza essa rota em vez de passar pela rotatória e pela trincheira. A análise indicou que o crescimento da frota de veículos na região, aliado ao aumento da população e das atividades comerciais, tem exacerbado a pressão sobre a infraestrutura viária existente.

As conclusões apontam para a necessidade urgente de intervenções adicionais que melhorem a fluidez do tráfego, como a ampliação da rotatória e a implementação de medidas de gestão de tráfego. Somente assim será possível atender à crescente demanda por mobilidade e garantir uma circulação eficiente e segura para os usuários da via. Além disso, a continuidade do monitoramento do tráfego será fundamental para adaptar as soluções de infraestrutura às mudanças nas condições de mobilidade urbana.

Por fim, este estudo contribuiu para a discussão sobre planejamento urbano e mobilidade, destacando a importância de um olhar atento às necessidades de transporte da comunidade, a fim de promover um desenvolvimento urbano sustentável e acessível para todos.

5.1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Diante dos resultados obtidos, algumas possibilidades de estudos futuros podem ser sugeridas para o aprimoramento do tráfego na região. Uma das propostas é a readequação da rotatória, abrangendo o cruzamento da Rua Rio Verde com a Rua Rio Cavernoso, com o intuito de otimizar o fluxo de veículos e aumentar a segurança.

Outra possibilidade de estudo seria a realização de contagem e análise de veículos no ponto de cruzamento entre a Rua Rio Verde com a Rua Estrada Municipal Sebastião Bastos, de forma a obter dados mais precisos sobre o fluxo de tráfego no local. Essas contagens podem ser realizadas tanto de forma manual quanto automática, possibilitando uma análise detalhada dos padrões de tráfego e identificação dos horários de pico, o que pode contribuir para o planejamento de futuras intervenções.

Por fim, sugere-se a análise da viabilidade da criação de uma ligação entre o Loteamento Lagoa Dourada e o Contorno Leste. A implementação de uma nova via poderia reduzir o tráfego nas vias internas e melhorar a acessibilidade da região. Estudos de viabilidade técnica e ambiental são necessários para verificar o impacto dessa ligação, tanto em termos de fluxo de veículos quanto de desenvolvimento urbano na área.

REFERÊNCIAS

AKISHINO, P. **Apostila de Estudos de Tráfego**. v. 1. Universidade Federal do Paraná, 2005.

BRASIL. Lei N° 9.503, de 23 de setembro de 1997. **Institui o Código de Trânsito Brasileiro**. Brasília, 1997.

_____. Lei N° 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Brasília, 2001.

_____. Lei N° 12.587, de 3 de janeiro de 2012. **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Brasília, 2012.

_____. Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto de interseções**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2005. 528 p. (IPR. Publ., 718).

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006. 384 p. (IPR. Publ., 723).

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto e práticas operacionais para segurança nas rodovias**. Rio de Janeiro, 2010. 280 p. (IPR. Publ., 741).

_____. Ministério dos Transportes. **Pesquisa Nacional de Tráfego – PNT**. 2014. Disponível em <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/pesquisa-nacional-de-trafego>>. Acesso em: 08 de abril de 2024.

_____. Câmara dos Deputados. **Estudo mostra que mobilidade urbana influencia qualidade de vida**. Brasília: Câmara dos Deputados, Agência Câmara de Notícias, 2019. Acesso em: 04 de abril de 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE DIRIGENTES LOJISTAS. **Mobilidade Urbana 2022**. 2022. Disponível em <<https://static.poder360.com.br/2022/06/An-lise-Mobilidade-Urbana.pdf>>. Acesso em 21 de outubro de 2023.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Pesquisa e Levantamentos de Tráfego**. São Paulo, [1983]. 160 p. ilustr. (Boletim Técnico da CET, 31).

_____. **Pólos Geradores de Tráfego**. São Paulo, 1983. 154 p. ilustr. (Boletim Técnico da CET, 32).

_____. **Cartilha do Pedestre**. São Paulo, 2016. 52 p. ilustr.

COSTA, A. H. P. da; MACEDO, J. M. G. **Manual de Planejamento das Acessibilidades e da Gestão Viária**: Engenharia de Tráfego: Conceitos Básicos. Porto: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N), 2008.

DECARLI, N.; FILHO, P.F. **Plano Diretor no Estatuto da Cidade: uma forma de participação social no âmbito da gestão dos interesses públicos**. Senatus, Brasília, v. 6, n. 1, p. 35-43, maio 2008.

DIÁRIO DOS CAMPOS. **Avenida de PG pode receber mudança no trânsito**. Ponta Grossa, 2023. Acesso em: 28 de março de 2024.

DOBROVOLSKI, M. **Notas de Aula da Disciplina de Planejamento dos Transportes**. 2024

FANINI, V.; VACCARI, L.S. **Mobilidade Urbana**. 2016. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. CREA-PR. Disponível em: <<https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/mobilidade-urbana.pdf>>.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS. **Modelagem de concessão dos serviços de transporte público urbano no município**. São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://transportes.pontagrossa.pr.gov.br/wp-content/uploads/PRODUTO-02.pdf>>. Acesso em: 18 de junho de 2024.

GHISLENI, Camilla. **O que é planejamento urbano?** 2022. ArchDaily Brasil. Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/982184/o-que-e-planejamento-urbano>>. Acesso em: 08 de abril de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022**. Disponível em <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/indicadores.html?localidade=BR>>. Acesso em: 21 de outubro de 2023.

MEIO DIA PARANÁ. **Ponta Grossa tem quase 2 mil acidentes de trânsito em 2023**. Globoplay. Ponta Grossa. 18 de janeiro de 2024. Disponível em <<https://globoplay.globo.com/v/12277395/>>. Acesso em: 09 de outubro de 2024.

MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito Municipal Brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2002.

MORAES, D. D. F. de. **Análise quantitativa e qualitativa do trânsito em área comercial do centro de Caruaru - PE**. Universidade Federal de Pernambuco, curso de Engenharia Civil, 2013.

PONTA GROSSA. Lei nº 14.305, de 22 de julho de 2022. **Dispõe sobre a Revisão do Plano Diretor do Município de Ponta Grossa**. Diário Oficial do Município. 28 dez 2022. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/p/ponta-grossa/lei-ordinaria/2022/1431/14305/lei-ordinaria-n-14305-2022-dispoe-sobre-a-revisao-do-plano-diretor-do-municipio-de-ponta-grossa>>.

_____. Prefeitura Municipal. **Plano Diretor de Ponta Grossa**. Ponta Grossa: 2006.

_____. Prefeitura Municipal. **Sistema de Gestão Territorial - WGeo**. Disponível em <<https://geo.pontagrossa.pr.gov.br/>>.

SILVA, M. D. A. **Estudo da rotatória da Praça José Américo em Campina Grande – PB**. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB. Julho de 2019.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Highway capacity manual**. Washington, D.C.: TRB, n. 209, 2010.

_____. **Highway capacity manual**. Washington, D.C.: TRB, n. 209, 2016.

VARGAS, H. C. **Mobilidade Urbana nas Grandes Cidades**. Texto completo, encaminhado para publicação na revista URBS, publicado com cortes, sob o título [i]mobilidade urbana. URBS, São Paulo, nº 47, ano XII, p 7-11, jul-ago-set, 2008. Disponível em: < <http://www.labcom.fau.usp.br/wp-content/uploads/2015/08/2008-VARGAS-Heliana-Comin.-imobilidade-urbana.-URBS-S%C3%A3o-.pdf> >. Acesso em: 17 de junho de 2024.

VASCONCELLOS, E. A. de; CARVALHO, C. H. R. de; PEREIRA, R. H. M. **Transporte e mobilidade urbana**. 74 p. Brasília, DF. CEPAL. Escritório no Brasil/ IPEA, 2011.

VASCONCELOS, E. A. **Os Conflitos na Circulação Urbana: Uma Abordagem Política da Engenharia de Tráfego**. Companhia de Engenharia de Tráfego – São Paulo. 23 de julho de 1982. São Paulo. Disponível em: < <http://www.cetsp.com.br/media/20437/nt083.pdf> >. Acesso em: 24 de novembro de 2023.

_____. **Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas**. São Paulo: Annablume, 2001.

VESPUCCI, K. M. **Operação Horário de Pico**. São Paulo, 2005. 76 p. (Boletim Técnico da CET, 37).

APÊNDICES

APÊNDICE A - MATRIZES DE ORIGEM/DESTINO DA LOCALIZAÇÃO 1, DO DIA 02/09/2024 AO DIA 06/09/2024 EM INTERVALOS DE 15 MINUTOS

Destino \ Origem	1	2	3	Total
02/09/2024 - [17:30 - 17:45]				
1	0	77	124	201
2	61	0	74	135
3	113	125	0	238
Total	174	202	198	574
02/09/2024 - [17:45 - 18:00]				
1	0	81	95	176
2	51	0	67	118
3	116	153	0	269
Total	167	234	162	563
02/09/2024 - [18:00 - 18:15]				
1	0	89	109	198
2	69	0	77	146
3	99	129	0	228
Total	168	218	186	572
02/09/2024 - [18:15 - 18:30]				
1	0	90	120	210
2	83	0	82	165
3	100	135	0	235
Total	183	225	202	610

Fonte: Autores (2024).

Destino \ Origem	1	2	3	Total
03/09/2024 - [17:30 - 17:45]				
1	0	80	131	211
2	57	0	77	134
3	114	127	0	241
Total	171	207	208	586
03/09/2024 - [17:45 - 18:00]				
1	0	78	107	185
2	56	0	72	128
3	119	140	0	259
Total	175	218	179	572

03/09/2024 - [18:00 - 18:15]				
1	0	80	123	203
2	60	0	82	142
3	111	125	0	236
Total	171	205	205	581
03/09/2024 - [18:15 - 18:30]				
1	0	84	117	201
2	75	0	84	159
3	108	141	0	249
Total	183	225	201	609

Fonte: Autores (2024).

Destino	1	2	3	Total
Origem	1	2	3	Total
04/09/2024 - [17:30 - 17:45]				
1	0	68	129	197
2	65	0	75	140
3	105	139	0	244
Total	170	207	204	581
04/09/2024 - [17:45 - 18:00]				
1	0	73	118	191
2	55	0	67	122
3	121	133	0	254
Total	176	206	185	567
04/09/2024 - [18:00 - 18:15]				
1	0	70	137	207
2	51	0	86	137
3	122	121	0	243
Total	173	191	223	587
04/09/2024 - [18:15 - 18:30]				
1	0	86	114	200
2	77	0	86	163
3	113	144	0	257
Total	190	230	200	620

Fonte: Autores (2024).

Destino	1	2	3	Total
Origem	1	2	3	Total
05/09/2024 - [17:30 - 17:45]				
1	0	74	135	209
2	63	0	69	132
3	103	133	0	236
Total	166	207	204	577

05/09/2024 - [17:45- 18:00]				
1	0	70	125	195
2	61	0	71	132
3	131	128	0	259
Total	192	198	196	586
05/09/2024 - [18:00 - 18:15]				
1	0	77	130	207
2	58	0	80	138
3	116	129	0	245
Total	174	206	210	590
05/09/2024 - [18:15 - 18:30]				
1	0	103	112	215
2	75	0	74	149
3	115	140	0	255
Total	190	243	186	619

Fonte: Autores (2024).

Destino	1	2	3	Total
Origem				
06/09/2024 - [17:30 - 17:45]				
1	0	70	131	201
2	69	0	75	144
3	111	143	0	254
Total	180	213	206	599
06/09/2024 - [17:45- 18:00]				
1	0	77	124	201
2	58	0	71	129
3	127	140	0	267
Total	185	217	195	597
06/09/2024 - [18:00 - 18:15]				
1	0	89	123	212
2	68	0	86	154
3	105	131	0	236
Total	173	220	209	602
06/09/2024 - [18:15 - 18:30]				
1	0	111	107	218
2	81	0	66	147
3	125	162	0	287
Total	206	273	173	652

Fonte: Autores (2024).

**APÊNDICE B – TABELAS DE CONTAGENS NA LOCALIZAÇÃO 2, DO DIA
09/09/2024 AO DIA 13/09/2024 EM INTERVALOS DE 15 MINUTOS**

PERÍODO	VP	M	C	V	O	UCP
09/09/24 - Sentido 1: Vila Dal Col → Jardim Royal						
17:30 - 17:45	18	6	3	1	0	30
17:45 - 18:00	27	4	1	1	1	36
18:00 - 18:15	33	5	0	4	2	47
18:15 - 18:30	32	3	1	0	0	37
10/09/24 - Sentido 1: Vila Dal Col → Jardim Royal						
17:30 - 17:45	17	6	2	1	1	29
17:45 - 18:00	24	4	1	1	1	33
18:00 - 18:15	28	4	1	3	2	41
18:15 - 18:30	26	3	2	2	1	35
11/09/24 - Sentido 1: Vila Dal Col → Jardim Royal						
17:30 - 17:45	16	5	1	1	1	26
17:45 - 18:00	20	4	1	0	1	27
18:00 - 18:15	22	3	2	1	1	31
18:15 - 18:30	16	2	2	3	2	29
12/09/24 - Sentido 1: Vila Dal Col → Jardim Royal						
17:30 - 17:45	17	6	1	1	1	28
17:45 - 18:00	22	5	1	0	2	33
18:00 - 18:15	24	3	2	1	1	33
18:15 - 18:30	17	2	1	3	1	31
13/09/24 - Sentido 1: Vila Dal Col → Jardim Royal						
17:30 - 17:45	18	7	1	1	1	30
17:45 - 18:00	24	5	1	1	2	35
18:00 - 18:15	25	3	2	1	1	34
18:15 - 18:30	21	3	2	3	2	35

Fonte: Autores (2024)

PERÍODO	VP	M	C	V	O	UCP
09/09/24 - Sentido 2: Jardim Royal → Vila Dal Col						
17:30 - 17:45	19	4	0	0	2	26
17:45 - 18:00	13	3	4	2	0	25
18:00 - 18:15	14	1	2	0	0	18
18:15 - 18:30	21	1	1	1	1	27

10/09/24 - Sentido 2: Jardim Royal → Vila Dal Col						
17:30 - 17:45	16	3	1	0	2	24
17:45 - 18:00	12	3	4	1	1	24
18:00 - 18:15	14	3	2	1	0	22
18:15 - 18:30	17	2	2	1	1	25
11/09/24 - Sentido 2: Jardim Royal → Vila Dal Col						
17:30 - 17:45	12	2	1	0	1	17
17:45 - 18:00	11	2	3	0	1	19
18:00 - 18:15	14	5	1	2	0	24
18:15 - 18:30	12	3	3	0	0	20
12/09/24 - Sentido 2: Jardim Royal → Vila Dal Col						
17:30 - 17:45	13	2	2	0	1	20
17:45 - 18:00	12	2	2	0	1	19
18:00 - 18:15	15	6	1	0	1	24
18:15 - 18:30	13	4	3	1	1	25
13/09/24 - Sentido 2: Jardim Royal → Vila Dal Col						
17:30 - 17:45	14	2	1	0	1	19
17:45 - 18:00	13	1	1	0	2	19
18:00 - 18:15	16	6	1	3	0	28
18:15 - 18:30	14	4	3	0	1	24

Fonte: Autores (2024)