



Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento de Engenharia Urbana



Projeto Final de Curso

**PROPOSIÇÃO DE ELEMENTOS PARA USO DE SISTEMAS
INTELIGENTES DE TRANSPORTES PARA POTENCIALIZAÇÃO DE
INTERVENÇÕES ESTRUTURANTES NO SISTEMA VIÁRIO DE CIDADES
DE MÉDIO PORTE: UMA PROPOSTA PARA O NOVO ANEL VIÁRIO DE
BOM DESPACHO - MG**

Igor Sousa Costa

Ouro Preto, MG

2023

Igor Sousa Costa

**PROPOSIÇÃO DE ELEMENTOS PARA USO DE SISTEMAS
INTELIGENTES DE TRANSPORTES PARA POTENCIALIZAÇÃO DE
INTERVENÇÕES ESTRUTURANTES NO SISTEMA VIÁRIO DE CIDADES
DE MÉDIO PORTE: UMA PROPOSTA PARA O NOVO ANEL VIÁRIO DE
BOM DESPACHO - MG**

Projeto Final de Curso submetido à Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do título bacharel em Engenharia Urbana.

Professora Orientadora: Dra. Iraydes Tálita de Sena Nola

Professor Co-Orientadora: Ma. Isabela Kopperschmidt de Oliveira

Ouro Preto, MG

2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C837p Costa, Igor Sousa.

Proposição do uso de sistemas inteligentes de transportes para potencialização de intervenções estruturantes no sistema viário [manuscrito]: uma proposta para o novo anel viário de Bom Despacho - MG. / Igor Sousa Costa. - 2023.

78 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Iraydes Talita Sena Nola.

Coorientadora: Ma. Isabela Kopperschmidt Oliveira.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Urbana .

1. Transporte urbano - Anel Viário. 2. Sistema de Tráfego Inteligente (STI). 3. Cidades e vilas - Cidades Médias. I. Nola, Iraydes Talita Sena. II. Oliveira, Isabela Kopperschmidt. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 62:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Igor Sousa Costa

**Proposição do uso de sistemas inteligentes de transportes para potencialização de intervenções estruturantes no sistema viário:
uma proposta para o novo anel viário de Bom Despacho - MG**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Urbano

Aprovada em 22 de agosto de 2023

Membros da banca

Dra. Iraydes Tálita de Sena Nola - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
M.Sc. Isabela Kopperschmidt de Oliveira - Coorientadora (Universidade Federal de Pernambuco)
Dra. Barbara Abreu Matos - (Universidade Federal de Ouro Preto)
M.Sc João Guilherme da Costa Braga França - (Empresa HECT)

Iraydes Tálita de Sena Nola, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/12/2023



Documento assinado eletronicamente por **Iraydes Talita de Sena Nola, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/12/2023, às 10:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0577981** e o código CRC **81231A8A**.

RESUMO

Cidades médias atuam como intermediárias entre metrópoles e pequenas cidades, intensificando-se devido à desconcentração industrial e demográfica. O crescimento das viagens levou a alternativas como anéis viários para otimizar o tráfego urbano. Porém, a infraestrutura por si só não é suficiente; o presente trabalho focou em propor elementos para um modelo conceitual para uma arquitetura de comunicação e monitoramento que utilize de aplicações de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), permitindo a otimização do fluxo viário e o incremento econômico. Ao analisar os dados, o estudo socioeconômico revelou que Bom Despacho/MG possui resultados superiores à média estadual e nacional em renda e qualidade de vida. No entanto, ao analisar a área de implantação do novo anel viário, foram identificados impactos relevantes, afetando uma população de menor renda e habitações marginais. Os benefícios incluem maior acessibilidade, mobilidade, empregos e crescimento econômico, mas há preocupações sobre gentrificação, desapropriação e impactos ambientais. O ensaio de contagem volumétrica estimou o Volume Médio Diário (VMD) de veículos na região, destacando o tráfego na BR-262 (1657 veículos de passeio, 2794 comerciais e 30 motos) e vias internas (3197 veículos de passeio, 506 comerciais e 1059 motos). Com base em informações qualitativas e quantitativas, um modelo conceitual de arquitetura de controle e monitoramento foi proposto, utilizando elementos como câmeras e radares para análise de tráfego e alertas de acidentes, culminando em diretrizes para a implementação adequada à realidade local.

Palavras chave: Sistemas inteligentes de transporte, anel viário, cidades médias.

ABSTRACT

Mid-sized cities act as intermediaries between metropolises and small towns, and are becoming more important as a result of industrial and demographic decentralization. The increase in travel has led to alternatives such as ring roads to optimize urban traffic. However, infrastructure alone is not enough; this work focused on proposing elements for a conceptual model for a communication and monitoring architecture that uses Intelligent Transport Systems (ITS) applications to enable the optimization of road flow and economic growth. When analyzing the data, the socio-economic study showed that Bom Despacho/MG has higher results than the state and national average in terms of income and quality of life. However, when analyzing the area where the new bypass will be built, significant impacts were identified that affect a low-income population and marginal housing. Benefits include increased accessibility, mobility, jobs, and economic growth, but there are concerns about gentrification, eminent domain, and environmental impacts. The Volumetric Counting Test estimated the Average Daily Volume (ADV) of vehicles in the region, highlighting traffic on BR-262 (1657 passenger vehicles, 2794 commercial vehicles, and 30 motorcycles) and internal roads (3197 passenger vehicles, 506 commercial vehicles, and 1059 motorcycles). Based on qualitative and quantitative information, a conceptual model of control and monitoring architecture was proposed, using elements such as cameras and radars for traffic analysis and accident alerts, culminating in guidelines for implementation appropriate to the local reality.

Keywords: Intelligent transport systems, road rings, medium cities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Níveis hierárquicos das cidades médias. (Fonte: Amorim Filho et al. 2007, adaptado).....	3
Figura 2. Medidas "Push and Pull" (Empurrar e Puxar).Fonte: (NUGMANOVA et al., 2019. Adaptado).....	11
Figura 3. Atividades Urbanas de ITS. Fonte: (EU - ICIP GUIDE, 2022)	14
Figura 4. Tipos de conexões para Sistemas ITS. Fonte: U - ICIP GUIDE, 2022).	16
Figura 5. Aplicações de ITS. (Fonte: SOHAIL et al., (2023)). Adaptado).....	17
Figura 6. Fluxograma da metodologia a ser desenvolvida.....	18
Figura 18. Metodologia para avaliação de contagem volumétrica na praça de pedágio 08	21
Figura 19. Arquitetura de ITS. Fonte: UE, 2022.....	22
Figura 6. Mapa de inserção regional do município de Bom Despacho / MG	25
Figura 7. Mapa de inserção estadual do município de Bom Despacho / MG	26
Figura 8. Mapa da mancha urbana do município de Bom Despacho / MG.....	27
Figura 9. Evolução da população entre séries censitárias. Fonte de dados: (IBGE, 2010).	28
Figura 10. Taxa evolutiva da população entre séries censitárias. Fonte de dados: (IBGE, 2010).	29
Figura 11. Evolução da quantidade de domicílios entre séries censitárias. Fonte de dados: (IBGE, 2010)	30
Figura 12. Comparação entre o IDH de Bom Despacho, Estado e Brasil para os anos de 1991, 2000 e 2010. Fonte de dados: (ATLAS BRASIL, 2010).	32
Figura 13. Componentes do IDH de Bom Despacho. Fonte de dados:(ATLAS BRASIL, 2010).	32
Figura 14. Dados sobre mortalidade infantil. Fonte de dados: (ATLAS BRASIL, 2010). ...	33
Figura 15. Dados sobre fecundidade. Fonte: (ATLAS BRASIL, 2010)	33
Figura 16. Dados sobre Renda Per Capta. Fonte:(ATLAS BRASIL, 2010)	34
Figura 20. Trecho entre Praças de Pedágio	36
Figura 21. Volume de veículos Praça 08 - 1º Trimestre 2023.....	37
Figura 22. Tipo de veículo comercial por eixo - Praça 08 - 1º Tri 2023	38
Figura 23. Gráfico Boxplot da amostra veículos de passeio	39
Figura 24. Dados Volumétricos de Veículos de 2, 3, e 4 eixos.....	42
Figura 25. Dados Volumétricos de Veículos de 5, 6,7 e 9 eixos.....	43
Figura 26. Gráfico boxplot da amostra motos	45
Figura 27. Variação Horária do Volume na Rua Gabriel Tavares.....	46
Figura 28. Mapa de Projeção do Anel Viário	49
Figura 29. Seção Tipo do Anel Viário. Fonte: Objetiva.2022	50
Figura 30. Densidade de domicílios em Bom Despacho	51
Figura 31. Distribuição de renda por domicílio em Bom Despacho	52
Figura 32. Uso do solo em Bom Despacho	53
Figura 33. Modelo conceitual de implementação de ITS.	55
Figura 34. Alocação esquemática de elementos de infraestrutura	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxa de crescimento ou decréscimo populacional de Bom Despacho em comparação com Minas Gerais e Brasil (Fonte: IBGE, 2010, Adaptado).....	29
Tabela 2 - Taxa da evolução da quantidade de domicílios de uma série censitária para outra entre 1970/2010 no Município de Bom Despacho (MG)	30
Tabela 3 - Relação entre população e quantidade de domicílios em Bom Despacho, Minas Gerais e Brasil.....	31
Tabela 4 - Composição da Frota de Veículos de Bom Despacho entre 2017 e 2018	34
Tabela 5. Volume de veículos passantes pela Praça 08 (Dados obtidos de: ANTT, 2023).	37
Tabela 6. Volume médio, máximo e mínimo de veículos de passeio.	39
Tabela 7. Média geral, média aparada e amplitude dos veículos de passeio.....	40
Tabela 8. Volume de veículos comerciais por eixo (Elaborada com base nos dados de: ANTT, 2023).....	41
Tabela 9. Volume médio de veículos comerciais por eixo (Elaborada com base nos dados de: ANTT, 2023).....	41
Tabela 10. Volume médio, máximo e mínimo de Motos.	45
Tabela 11. Média geral, média aparada e amplitude de motos.	45
Tabela 12. VMD por categoria e total	46
Tabela 13. Contagem Volumétrica Rua Gabriel Tavares (Fonte: Dados cedidos pela Prefeitura Municipal de Bom Despacho).....	47
Tabela 14. Características planimétricas e altimétricas (Fonte: Dados cedidos pela Objetiva. 2022).....	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Justificativa.....	5
1.2	Objetivos	6
2	A INFLUÊNCIA DOS ANÉIS VIÁRIOS NOS MEIOS URBANOS	8
3	CIDADES INTELIGENTES.....	13
3.1	Sistemas Inteligentes de Transportes	14
4	MÉTODO DE PESQUISA	18
5	ESTUDO DE CASO	24
5.1	Área De Estudo	24
5.2	Caracterização da circulação de veículos.....	35
5.2.1	Caracterização da circulação de veículos na BR-262	35
5.2.2	Caracterização da circulação de veículos na MG-164.....	46
5.3	Impacto do anel viário para Bom Despacho.....	48
5.3.1	Características Geométricas	48
5.3.2	Impacto socioeconômico do anel viário	50
5.3.3	Impactos para o município de Bom Despacho resultantes da implantação do anel viário	53
6	MODELO CONCEITUAL	55
6.1	Diretrizes para implantação.....	58
7	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A política urbana é importante para o funcionamento das cidades, embora no Brasil deficiências em seu processo de planejamento e execução façam com que ela seja utilizada como ferramenta de exclusão e fomento de desigualdades. De acordo com Tonella, "*o acesso a bens e direitos ocorre de diferentes formas, dependendo do grupo social a que se está vinculado*" (TONELLA, 2013). Complementar à ideia de Tonella, Rolnik (2002) ressalta que uma característica comum a todas as cidades brasileiras, independente de suas questões morfológicas ou econômicas, é o fato de cada uma delas apresentar um contraste muito claro entre uma parte da cidade que possui alguma condição de urbanidade – como uma porção pavimentada, ajardinada, arborizada, com infraestrutura completa, mesmo que de baixa qualidade, e, outra parte de proporções bem maiores que a primeira, que aproxima-se muito mais da ideia de um acampamento do que propriamente de uma cidade – com uma infraestrutura incompleta e urbanismo inexistente. Caracterizando assim a exclusão territorial (ROLNIK, 2002).

Por isso é necessário a estruturação de políticas anti-exclusão que qualifiquem a gestão urbana e, promovam uma estratégia de distribuição dos investimentos assim como uma regulação urbanística, a fim de obstar a concentração de todas as oportunidades em determinados fragmentos das cidades fazendo com que as ocupações periféricas precárias não se estendam ainda mais. Com o esgotamento desses pequenos fragmentos mais bem estruturados que o restante da cidade, ocorre uma redução da especulação imobiliária e, conseqüentemente, a queda do preço de terra dessas áreas, fazendo com que uma maior parcela da população não tenha acesso à infraestrutura de qualidade (VALE, 2005).

O forte crescimento demográfico e econômico no Brasil, entre as décadas de 1960 e 1970, fez a grande cidade explodir – incorrendo fenômenos de espraiamento e projeção múltipla de seus fragmentos - e implodir – incorrendo fenômeno de adensamento populacional - ampliando a dimensão dos problemas urbanos num contexto de forte desequilíbrio nas redes de cidades (RIBEIRO et. al., 2012). Após os anos 1990 ocorreu o processo de desconcentração industrial e demográfica que expandiu as fronteiras do crescimento e do desenvolvimento urbano no Brasil (SATHLER MIRANDA, 2010), acentuando o papel intermediador e a capacidade de estruturação territorial de cidades

médias localizadas, em sua maioria, nas regiões mais desenvolvidas do país. Lefebvre (1969) argumenta que a urbanização e a industrialização são um duplo processo nas cidades, uma unidade de opostos em uma relação dialética, onde o valor de uso da cidade (apropriação) é progressivamente substituído pelo valor de troca (dominação), ainda assim, os centros urbanos resistem mesmo desfigurados e degenerados.

Com a chegada dos anos 2000, passou-se a observar a concentração de externalidades negativas de movimentos de precarização de aglomerações nos grandes centros urbanos. Os grandes centros possuem maior atratividade econômica, mas suas deficiências estruturais concorrem com os centros de médio porte demográfico que apresentam melhores condições ambientais, baixo valor agregado da terra, trânsito mais fluido, menores índices de violência, dentre outras características (ANDRADE et al., 2001). Isso reforça o surgimento de novas espacialidades que desempenham protagonismo econômico e demográfico, bem como maior capacidade de expansão e estruturação de território no interior do país (ANDRADE et al., 2001).

Neste sentido, as cidades médias desempenham papel de intermediadoras de fluxos, cargas, pessoas, bens e serviços, ativos financeiros e informações, mediando as relações de poder e acesso aos recursos entre as grandes metrópoles regionais e cidades de menor hierarquia urbana (SATHLER, 2015). Estes núcleos urbanos são responsáveis por equilibrar o território e fazer conexões na rede urbana, estabelecendo relações de complementaridade essenciais para o desenvolvimento urbano e regional (SPÓSITO, 2010).

Quando utilizado o estado de Minas Gerais como exemplo, as cidades médias (Figura 1) podem apresentar níveis hierárquicos distintos, a saber: *grandes centros regionais*, como Juiz de Fora; *cidades médias de nível superior*, como Montes Claros, Divinópolis e Governador Valadares; *cidades médias* propriamente ditas, como Teófilo Otoni, Caratinga e João Monlevade; e *centros emergentes* como Bom Despacho, Pirapora e Manhumirim (AMORIM FILHO et al., 2007). Essencialmente, embora as redes urbanas brasileiras apresentem heterogeneidade, as cidades médias são aquelas que desempenham papéis de intermediação entre cidades de maior e menor tamanho e importância funcional (SPÓSITO, 2010). O tamanho populacional deve ser levado em consideração diante das relações estreitas existentes entre quantidade e qualidade nas

dinâmicas e nos processos urbano-regionais. Entretanto, município de médio porte demográfico não necessariamente será um centro emergente, cujo principal papel é a intermediação de fluxos e a estruturação territorial de sua área de influência. Dessa maneira, tal classificação está relacionada à complexidade funcional adquirida pela cidade, à posição que ela ocupa na hierarquia da rede urbana de sua região e, finalmente, ao papel que desempenha no circuito econômico regional (NOGUEIRA GARCIA, 2007).

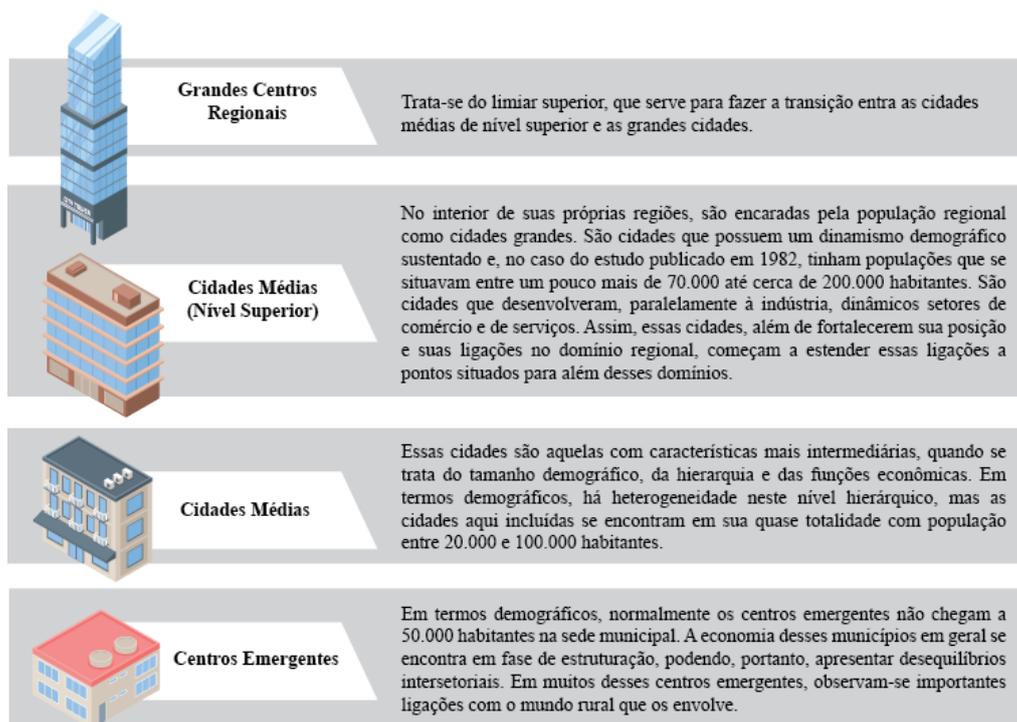


Figura 1. Níveis hierárquicos das cidades médias. (Fonte: Amorim Filho et al. 2007, adaptado).

A preocupação para desenvolver meios de deslocamentos e transportes de cargas não é algo novo e, considerando o perfil das cidades de médio porte, ela se faz ainda mais necessária. Nas cidades de médio e grande porte as externalidades negativas da mobilidade urbana são mais evidentes – com níveis excessivos de poluição, ruído, congestionamentos, acidentes que afetam diretamente o bem-estar social e a qualidade ambiental urbana – e prejudicam a competitividade e dinamismo econômico das cidades (TISCHER; POLETTE, 2019).

Usualmente, utiliza-se o termo “transporte” para designar o deslocamento para o trabalho, escola, lazer, compras, o deslocamento de encomendas e cargas diversas e outra gama de fenômenos semelhantes e de evidente importância na vida cotidiana (MAGALHÃES; et. al., 2014). Como recurso inicial de análise, cabe entender o transporte

como um tecnossistema – subsistemas sociais nos quais os artefatos e a tecnologia têm especial atenção ou relevância – cujos dados de entrada (*inputs*) são pessoas e objetos, energia e artefatos a serem transportados, além de ações oriundas do sistema econômico, político, cultural e familiar. Os dados de saída (*outputs*) são coisas transportadas e demais materiais residuais, produzidas pelas atividades desses sistemas (MAGALHÃES et. al., 2014).

Em função do importante papel econômico que o município de Bom Despacho desempenha em sua microrregião, como centro emergente, o poder executivo pretende implantar o Projeto Estruturante de Desenvolvimento Urbano Sustentável – Anel Viário. O financiamento da obra deve ocorrer por meio da Operação de Crédito do FINISA (Financiamento à Infraestrutura e ao Saneamento), no qual o município contrairá o montante de R\$ 60.000.000,00 (sessenta milhões de reais) com prazo de pagamento de 10 anos e carência de dois anos (PREFEITURA MUNICIPAL DE BOM DESPACHO, 2022). O projeto visa ligar a BR – 262 à MG – 164, juntamente com o prolongamento da Avenida Dr. Juca, fazendo a ligação entre a referida avenida e o anel viário.

Com o novo anel rodoviário, o Executivo Municipal espera um impacto direto no desenvolvimento econômico e modernização da infraestrutura urbana do município. A estrutura irá promover maior fluidez dos veículos nas vias urbanas, uma vez que pode amenizar o fluxo de transportes de cargas que passam pela malha viária da cidade. Além de atuar contra os congestionamentos e promover a economia, pelo Executivo, das despesas empregadas na manutenção das vias danificadas pelo excesso de carga dos veículos.

Para garantir a maximização dos benefícios gerados com a implantação de anéis viários é possível utilizar de sistemas computacionais aplicados ao setor de transporte. Os chamados Sistemas Inteligentes de Transporte (*Intelligent Transport Systems* - ITS) captam e processam dados gerados pela comunicação entre sensores de tráfegos e veículos circundantes, fazendo com que essas informações sejam utilizadas para o gerenciamento do sistema de transporte local. Além de melhorar as condições de tráfego ao fornecer informações valiosas para os condutores, os ITS ajudam os planejadores urbanos a tomarem decisões assertivas e definir políticas públicas mais eficientes. Essa tecnologia auxilia no combate aos congestionamentos, diminui os impactos da poluição e pode

contribuir na diminuição da exclusão social promovendo maior acessibilidade. Em síntese, é importante não considerarmos as aplicações de ITS como fim proposital e sim uma ferramenta de aquisição de dados que auxiliam na definição de políticas de transporte mais eficazes (COMPETENCE, 2006). Assim, para proposição dos elementos essenciais para a implantação de um ITS no anel viário proposto pelo Executivo Municipal do município de Bom Despacho, este trabalho parte dos elementos de um tecnossistema como linha condutora para elucidação de componentes, ambiente e infraestrutura.

Em Bom Despacho (conforme informado pela Prefeitura Municipal) há um fluxo diário de 9.700 veículos na Rua Gabriel Tavares e a Rua Manoel da Costa Pereira – vias que compõem o trecho urbano da MG – 164 e BR – 262, respectivamente. Deste número, 920 caminhões e 108 ônibus trafegam em ambos os sentidos da BR – 262 para a MG – 164. Com a implantação do anel, espera-se reduzir o tráfego de passagem, especialmente de veículos pesados, que sobrecarregam o sistema urbano de Bom Despacho. Além disso, o projeto pretende criar um vetor de crescimento para a cidade através do surgimento de áreas industriais, comerciais e até mesmo residenciais (PREFEITURA MUNICIPAL DE BOM DESPACHO, 2022).

1.1 Justificativa

O presente trabalho se mostra necessário pois avalia os impactos da instalação de uma infraestrutura estruturante em um município e, além disso, apresenta uma medida de gerenciamento para a mesma, a fim de potencializar sua implantação maximizando as externalidades positivas e minimizando as externalidades negativas. A implantação de um anel viário gera grandes impactos nas cidades por trazer mais eficiência para os veículos alcançarem seus destinos. Ademais, um anel viário pode ser capaz de reduzir congestionamentos à medida que promove uma rota mais rápida e direta, melhorando o acesso de veículos mais leves ao centro da cidade (RIBEIRO et al., 2019). De modo geral, um anel viário tende a ser benéfico para cidades, pois ele pode otimizar o sistema de transporte, aumentar a atratividade econômica e o incremento da qualidade de vida dos cidadãos.

No entanto, existem fatores socioambientais que devem ser considerados no momento de sua implantação. De acordo com Corellano (1998), quando analisamos o

espaço perimetral das cidades, a exemplo da área de implantação no anel, evidenciamos a justaposição e coparticipação de três tipos de espaços – naturais, rurais e urbanos.

No caso de Bom Despacho, a implantação do projeto de anel viário pode ter efeitos adversos em consequência de sua inserção no ambiente, que é majoritariamente rural. A construção da via pode causar uma ruptura na paisagem natural, incluindo perda de vegetação, destruição de habitats de animais silvestres, erosão do solo e contaminação da água. Em adição, o aumento do tráfego pode contribuir para a elevação de índices de poluição sonora e emissão de carbono.

Ao considerar a perspectiva social, um anel viário apresenta uma vasta gama de impactos sobre as cidades. Por um lado, ele pode promover acesso a empreendimentos, serviços e atividades de recreação, tornando a área de implantação mais atrativa. Por outro lado, o anel pode contribuir para elevação do preço da terra, ocasionando um processo de gentrificação. Nesse cenário, o mercado, que visa somente o lucro próprio, assume o controle do espaço urbano, de modo que, não atenda às necessidades da população carente e mais interessada (TONELLA, 2013).

Assim, uma vez que tal empreendimento possui externalidades positivas e negativas além de incorrerem em investimentos vultuosos por parte da administração pública, analisar os impactos de sua implantação e elaborar estratégias para se obter o máximo de benefícios deste empreendimento são essenciais. Assim como Rolnik (2002) afirma: não se pode inventar um plano, um projeto de cidade cheia de qualidades, absolutamente descolado da capacidade de organização e possibilidades reais de implementação e controle dessa política. Logo, este trabalho busca contextualizar o projeto de anel viário proposto e encaixá-lo em uma política de desenvolvimento de uma cidade inteligente para o Município de Bom Despacho.

1.2 Objetivos

Diante desse contexto, o objetivo geral deste estudo é: propor elementos de um modelo conceitual para uma arquitetura de comunicação e monitoramento que utilize de aplicações de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), permitindo a otimização do fluxo viário e o incremento econômico. A pergunta de pesquisa respondida por este trabalho é:

“Quais são os elementos mínimos necessários para a aplicação de um Sistema Inteligente de Transporte no anel rodoviário a ser implantado em Bom Despacho, para que este seja capaz de otimizar os fluxos de transportes e promover o incremento econômico da região de implantação de forma que seus benefícios sejam maximizados enquanto os efeitos negativos sejam minimizados?”.

Para tanto, são objetivos específicos deste trabalho:

- i. analisar os impactos sociais ocasionados pela construção do anel rodoviário em área periférica do município;
- ii. propor um modelo conceitual para aplicar uma gestão tecnológica de tráfego que podem criar relações comerciais no município;
- iii. propor diretrizes para a implantação do modelo conceitual que promova o desenvolvimento da área impactada.

2 A INFLUÊNCIA DOS ANÉIS VIÁRIOS NOS MEIOS URBANOS

O aumento do volume de viagens, associado ao consumo de combustíveis, é a causa principal de congestionamento das cidades, sendo este fenômeno um problema muito relevante para as vias urbanas e sistemas de transporte. Os congestionamentos estão ligados ao mal desenvolvimento socioeconômico combinado com a falta de planejamento urbano e as falhas na infraestrutura das construções. Além disso, a crescente demanda de melhorias do sistema viário das cidades, em busca de construir um sistema de transporte harmônico para otimizar o fluxo de veículos, é um enfrentamento comum em muitos municípios ao se tratar de desenvolvimento urbano. A falta de fluidez do tráfego está associada a uma redução da capacidade das estradas frente ao elevado número de veículos, caracterizando-se como a origem do fenômeno dos congestionamentos. Esse fenômeno se impõe como um problema de solução não imediata para as cidades e afeta diretamente as atividades humanas básicas (recreação, trabalho, consumo, atividades culturais etc.) (RIBEIRO et. al., 2019).

Em adição, é necessário combater o fenômeno dos congestionamentos considerando a existência de conflitos que transpassam pela hierarquia viária das cidades. Vias possuem escalas diferentes e comportam fluxos distintos. É preciso entender a função de cada via e promover estruturas que garantam a otimização do fluxo de viagens, de modo que, respeite as condições impostas pelo ambiente urbanizado e propicie uma vivência harmônica entre os cidadãos. Estas medidas são capazes de reduzir gargalos e aumentar a atratividade de áreas perimetrais, reduzindo o número de pessoas que necessitam de transporte individual nos centros urbanos. Uma das técnicas mais utilizadas para combater congestionamentos é a derivação do fluxo de tráfego (BRINCO, 2006). Os veículos pesados, de grande capacidade de transporte, são orientados a trafegar por vias expressas denominadas Anéis Viários, podendo uma cidade ter mais de um anel viário (RIBEIRO et. al., 2019).

No entanto, anéis viários podem exercer tanto impactos positivos quanto negativos nas cidades. O tipo de impacto destas vias depende de múltiplas características ligadas a infraestrutura como fator determinante para garantir a segurança, a qual, está diretamente relacionada a proteção da rede de tráfego e o benefício dos usuários. Ao ser concebido é

preciso considerar o local de implementação aliado às estratégias de gestão de tráfego. Existe uma relação explícita entre a velocidade da via e seus pontos de acesso, o que está correlacionado aos riscos de acidentes. Deste modo, anéis viários podem aumentar o volume de tráfego na direção do centro das cidades, criando assim gargalos na estrutura urbana. Isso pode acontecer como consequência da limitação de rotas que permitem a entrada e saída da área urbana, levando a longas filas, congestionamentos (RIBEIRO et. al.,2019). Outra externalidade negativa que pode surgir em decorrência da implantação de anéis viários é o surgimento de uma segregação espacial, consequência do efeito barreira, conforme estudado por Matos (2022).

Para minimizar impactos negativos e maximizar os positivos é fundamental que as entidades que fazem a gestão da malha urbana e do sistema de transporte urbano desenvolvam modelos preditivos orientados com a mineração de dados do transporte que permitam a análise do fenômeno da falta de fluidez do trânsito, particularmente em centros adensados, centros históricos e outras áreas urbanas de influência (RIBEIRO et. al.,2019).

Anéis viários são fomentadores da expansão da malha urbana por facilitarem o acesso a áreas perimetrais, promovendo o adensamento populacional e o desenvolvimento comercial desses sítios. Em contrapartida a esse desenvolvimento, observa-se a diminuição de áreas verdes e vegetação nativa. Peter Hall (2014), escreve que muitos anéis viários foram projetados como distribuidores de tráfego, nos quais possibilitam o acesso de subúrbios as áreas centrais da cidade. No entanto, esses anéis viários se provaram ser simplesmente desvios, que encorajam o crescimento de shopping centers e complexos de escritórios em regiões de expansão urbana, o que empobrecesse e diminui a vitalidade dos centros urbanos. Além do viés econômico, a implantação deste tipo de sistema pode afetar comunidades marginalizadas através de externalidades negativas da infraestrutura urbana. Construções como rodovias e anéis viários se tornaram uma força potente na reconfiguração de espaços urbanos. Comunidades pobres e em áreas perimetrais muitas vezes são as mais afetadas. Essas comunidades sofrem uma ruptura física, perdendo acesso a empregos e obtendo serviços reduzidos. Além disso, o ambiente natural é alterado devido ao ruído, poluição e alto volume de deslocamentos (SANDERCOCK, 1998).

Kevin Lynch (1960), em seu livro “A imagem das cidades” escreve sobre como os anéis viários podem criar um senso de divisão e desordenamento em ambientes urbanos:

Um sistema urbano de grande escala, com sua dimensão e altas velocidades, interrompe a continuidade de fluxos pedonais e desorienta os caminhantes. A cidade voltada para dentro torna-se fragmentada, os centros sociais não são mais fisicamente acessíveis entre si, e todo o conjunto da imagem urbana é enfraquecido. (KEVIN LYNCH, 1960)

Além do exposto, o tempo de implantação da barreira é um fator que deve ser levado em consideração pois, as pessoas vão adaptando o seu comportamento ao decorrer do tempo. Dessa forma, entende-se que o efeito barreira pode ocorrer de três maneiras: pela instalação da própria estrutura de transporte, a chamada barreira física; pelo fluxo de tráfego que utiliza a via, ocasionando uma barreira de fluxo de tráfego; pelos inconvenientes e desconfortos por elas causados à população, caracterizando, dessa forma, uma barreira psicológica (GRISOLÍA et. al., 2014).

Outro tipo de problema que pode ser associado ao congestionamento das vias e que compromete a saúde e o bem-estar da população é o caso de doenças respiratórias e alergias. O alto número de veículos gera o aumento do nível de ruídos e poluição do ar. Dessa forma, os anéis viários podem contribuir para diminuição da qualidade do ar por aumentarem as emissões de CO₂ e de outras partículas nocivas. O custo econômico e ambiental dos impactos causados pelo alto volume de tráfego é imenso. Por exemplo, a agência de trânsito canadense estimou que os custos atrelados ao tráfego giram em torno de 1,5 bilhões de dólares anualmente, isso sem considerar os custos provenientes de emissões de gases estufa e outros dados ambientais gerados indiretamente pela poluição causada por uma operação de veículos ineficiente. Em Moscou, na Rússia, um motorista perde em média 127 horas por ano em congestionamentos de trânsito. Muitas medidas de combate aos congestionamentos têm sido aplicadas no mundo todo, e o objetivo principal dessas práticas é reduzir o tempo em que gastamos nas estradas. Engenheiros de tráfego veem somente uma solução para esse problema: aumentar a capacidade das vias através da implantação de rodoanéis, estradas duplicadas, viadutos, estacionamentos, melhoria nos cruzamentos, incentivos rodoviários como pedágios e assim por diante. Uma das medidas de contenção mais utilizadas na redução de congestionamentos é a construção ou desenvolvimento de sistemas de anel viário. (NUGMANOVA et al., 2019)

Algumas cidades do Reino Unido e da Holanda tem aplicado medidas de engenharia de grande impacto buscando a resolver o congestionamento de tráfego sem desenvolver

uma política de medidas de transporte sustentável. Essas medidas de grande impacto referem-se à construção de anéis viários, rodovias ou túneis de grande extensão. É sabido que em casos em que são aplicadas somente medidas de engenharia de grande impacto, ocorre um alívio momentâneo do congestionamento de trânsito logo após a implementação, mas após algum tempo, ocorre a indução do aumento de fluxo de veículos nessas estruturas, até a capacidade viária ser totalmente preenchida (NUGMANOVA *et al.*, 2019).

Um método alternativo ao uso das medidas de engenharia de grande impacto seria a utilização de medidas *“push and pull”* (empurrar e puxar) para promover melhorias no sistema viário. De acordo com Nugmanova (2019) essas medidas fazem referência a aplicação de políticas de mobilidade sustentável por meio de intervenções tecnológicas e sociais orientadas para o design urbano. A descrição de cada uma delas está disponível na Figura 2.

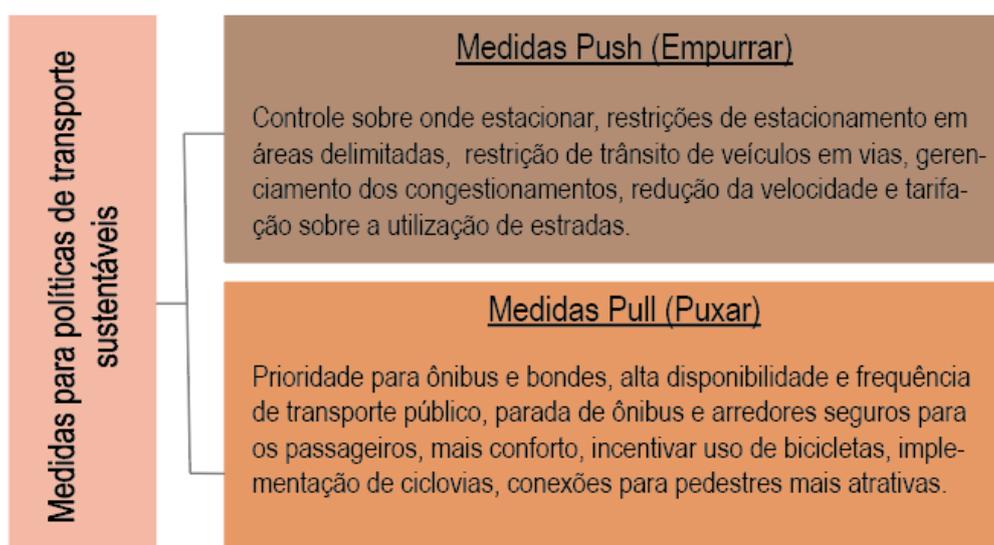


Figura 2. Medidas "Push and Pull" (Empurrar e Puxar). Fonte: (NUGMANOVA *et al.*, 2019. Adaptado).

Cada vez mais as cidades europeias como Estocolmo, Oslo e Milão têm usado uma combinação entre medidas de engenharia de grande impacto e medidas *“push and pull”*. Estocolmo por exemplo, em seu plano para redução de congestionamentos, implementou a abertura de rodovias ao sul das cidades juntamente com outras medidas complementares, como por exemplo, melhoria dos serviços de transporte público, desenvolvimento de espaços para pedestres e emprego de um planejamento espacial compactado (NUGMANOVA *et al.*, 2019). Uma característica comum a todas essas cidades

européias supracitadas, é o fato de serem consideradas cidades inteligentes (*smart cities*) por empregarem tecnologia avançada e análise de dados para melhorar a qualidade de vida de seus residentes e otimizar o uso de recursos.

3 CIDADES INTELIGENTES

O conceito de Cidade Inteligente refere-se a uma nova abordagem para enfrentar problemas urbanos, estimulando uma cidade mais sustentável e melhor para se viver, onde os pilares são a alta qualidade de vida e boas condições ambientais (ALAWADHI *et al.*, 2012). Cidades inteligentes buscam promover sustentabilidade, eficiência de recursos, custo justo de serviços, incluindo transporte, energia, gestão de gastos, saúde e segurança pública. Elas também buscam criar um ambiente que é conduzido por crescimento econômico e inovação, utilizando recursos tecnológicos para promover a colaboração e engajamento entre residentes, empresas e governo.

O tema Cidades Inteligentes é um tema atual, amplamente discutido em âmbito nacional. Suas aplicações estão relacionadas tanto aos centros urbanos quanto às cidades de menor porte e podem trazer benefícios a diversos setores, incluindo o setor de transportes, bem como, projetos de engenharia de grande porte como os anéis viários. Neste sentido, as Cidades Inteligentes surgem na tentativa de encontrar soluções para enfrentar os desafios do espraiamento urbano e seus impactos, utilizando o alto volume de dados disponíveis em consequência da digitalização (BAUER, 2019). Adotando uma perspectiva mais humanista, (RATTI *et. al.*, 2016) defende que as “*Smart Cities*” devem ser orientadas para as pessoas, e não por inovações tecnológicas. Ele também defende que uma “*Smart City*” deve ser uma “*Social City*”, com oportunidades de interação entre cidadãos, participando e compartilhando decisões sobre o planejamento urbano.

Para lidar com a expansão urbana e o crescimento de dados gerados nos ambientes urbanos, é necessário compreender as necessidades e uso das cidades, como base para monitoramento de informações que definem os padrões de comportamento da sociedade. Para promover uma cidade igualitária, com infraestrutura adequada e melhores condições de vida, são necessárias a mineração e a análise dessas informações. Ao trazer essa compreensão para o espectro do tráfego viário, observa-se a utilização dos Sistemas Inteligentes de Transportes, os chamados ITS.

3.1 Sistemas Inteligentes de Transportes

Os Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS), é o nome usado para descrever sistemas de transporte e atividades urbanas (Figura 3) onde os veículos interagem com o ambiente ao seu entorno e com outros veículos, de modo que, promova uma experiência de direção aprimorada, onde infraestruturas inteligentes melhoram a segurança e capacidade dos sistemas viários (EU - ICIP GUIDE, 2022).

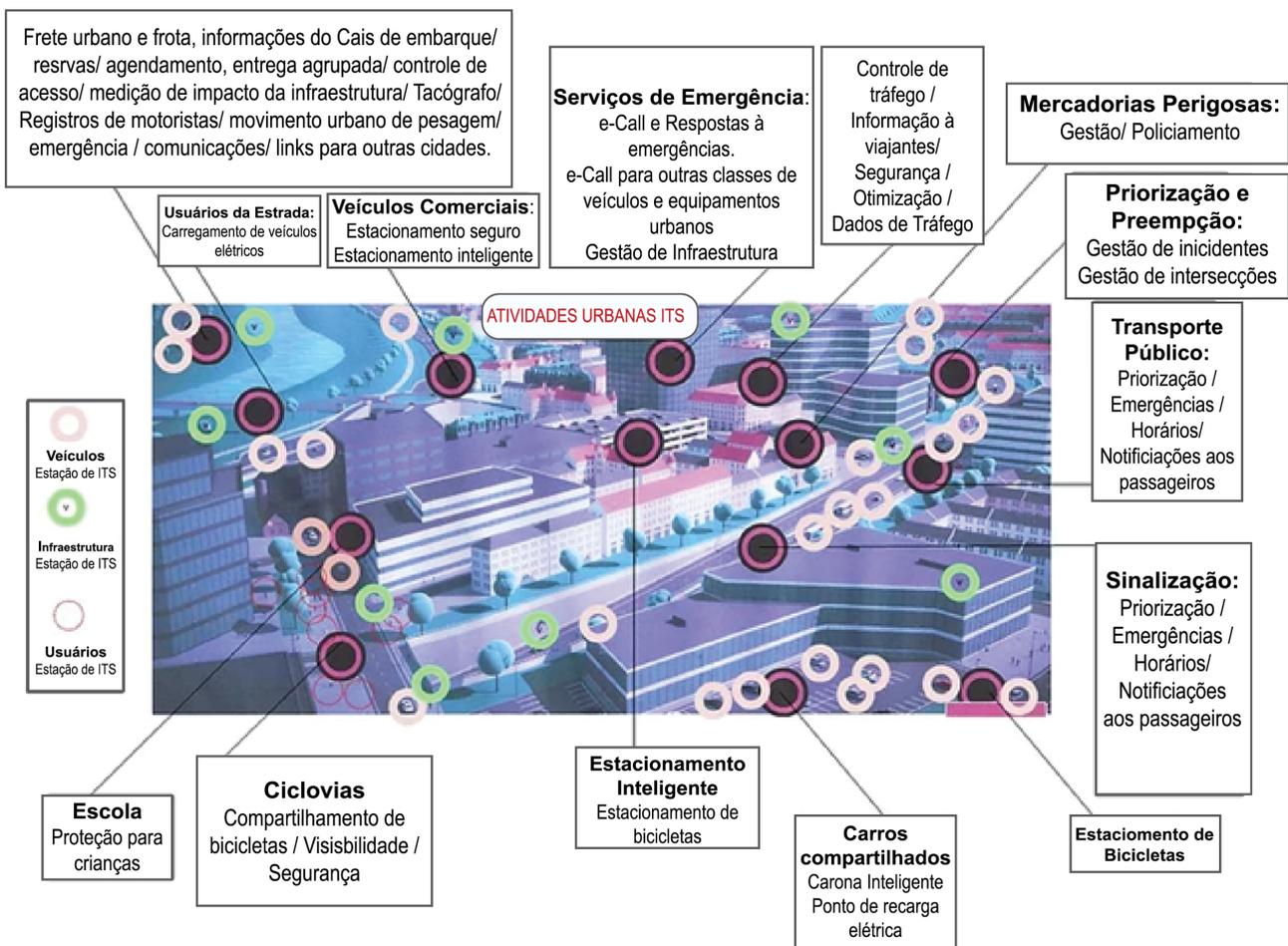


Figura 3. Atividades Urbanas de ITS. Fonte: (EU - ICIP GUIDE, 2022)

ITS são uma aplicação de tecnologia para gerenciar melhor tráfego e maximizar a utilização de nossa infraestrutura de transporte existente (QUESSADA *et al.*, 2020). Além dos veículos, sistemas ITS envolvem motoristas, passageiros, operadores de rodovias e gestores, todos interagindo entre si com o ambiente, de modo que estejam conectados através de uma infraestrutura complexa. Além disso, esses sistemas são capazes de

reduzir os níveis de acidentes e pessoas feridas no trânsito, assim como, melhorar a eficiência de veículos e redes de tráfegos. Outra funcionalidade das ITS é a diminuição dos efeitos adversos que os sistemas de transportes causam ao meio ambiente.

Williams (2008), definem ITS da seguinte forma:

Serviços para apoiar os viajantes de todas as classes – motoristas, passageiros e pedestres para auxiliar a gestão e o desempenho da rede viária usando sistemas de informação, comunicação e controle no campo do transporte de superfície urbano e rural, para proporcionar maior segurança e uma melhor experiência de viagem, incluindo aspectos intermodais e multimodais. Esses serviços incluem prevenção e mitigação de acidentes, resposta e suporte de serviços de emergência, assistência ao motorista, informações ao viajante, gerenciamento de tráfego, entretenimento informativo em rota, transporte público, transporte e serviços comerciais, prevenção de roubo e recuperação após roubo e segurança e proteção pública (WILLIAMS et. al.,2008, Tradução Livre).

Para que os sistemas funcionem com eficácia, os dados devem ser enviados com precisão e em tempo hábil, de forma que, cheguem aos destinatários e sejam facilmente compreendidos. Apesar dos ITS serem vistos muitas vezes no contexto do tráfego viário, o compartilhamento de modos de transporte por viajantes e cargas também pode incluir interfaces com os sistemas de transporte ferroviário, aquaviário e aéreo. Outro ponto de atenção, é compreender que os serviços ITS não se limitam a escala do veículo e seus ocupantes, mas sim em toda rede transporte, para, por exemplo, reduzir congestionamentos.

O principal ponto para implantação desses sistemas é compreender que eles não funcionam de modo isolado. Eles são frequentemente dependentes de um código fonte ligado aos sistemas de telecomunicações, redes de infraestrutura e internet, como exemplificado na Figura 4. Em casos de comunicação aérea, eles frequentemente compartilham informações com outros usuários usando sistemas *wireless* para oferecer e fornecer suporte aos aplicativos específicos de ITS.

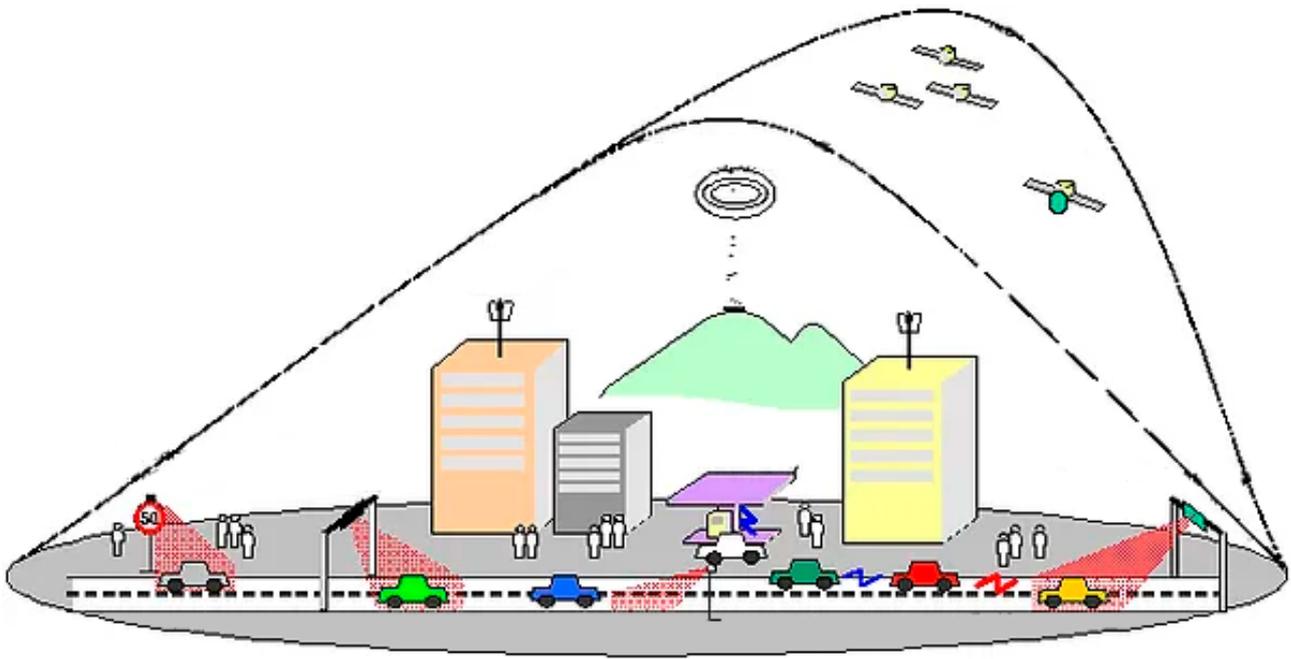


Figura 4. Tipos de conexões para Sistemas ITS. Fonte: EU - ICIP GUIDE, 2022.

Por fim, em relação as aplicações (Figura 5), os sistemas ITS abrangem diferentes aspectos de toda a cadeia dos transportes. Eles podem contemplar serviços de informações ao viajante, gestão de tráfego e operações, serviços de veículos, transporte de carga, transporte público, emergência, pagamento eletrônico relacionado ao transporte, segurança pessoal relacionada ao transporte rodoviário, monitoramento das condições climáticas e ambientais, gerenciamento e coordenação de resposta a desastres e até mesmo, segurança nacional. Alguns dos benefícios mais explícitos do uso desses sistemas são: menor impacto do tráfego no meio ambiente, melhoria na eficiência energética e diminuição na dependência de combustíveis fósseis, redução no congestionamento e otimização do uso da infraestrutura existente, aumento da segurança e proteção do trânsito e aumento na conveniência do transporte (EU, 2022).

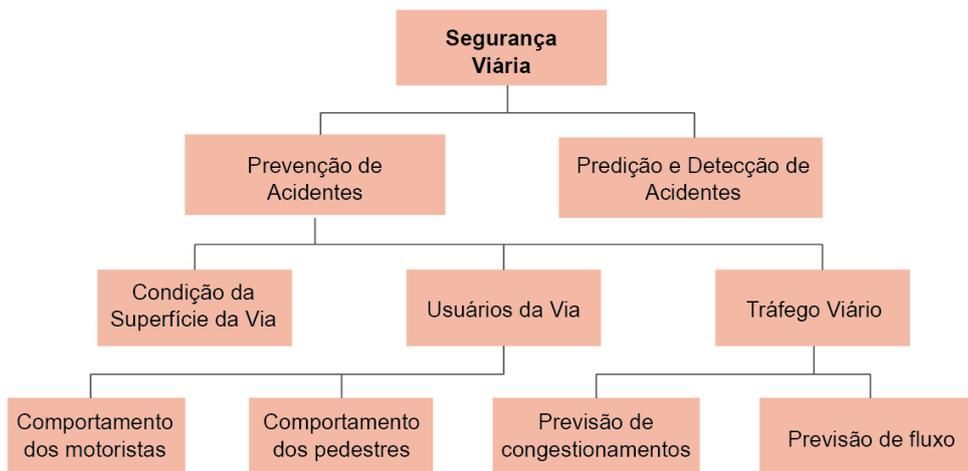


Figura 5. Aplicações de ITS. (Fonte: SOHAIL et al., (2023). Adaptado).

4 MÉTODO DE PESQUISA

O tipo de pesquisa utilizado no presente trabalho foi de caráter aplicado e exploratório em relação aos objetivos, visto que, de acordo com Ribeiro (2019), proporciona uma proximidade com a temática. No sentido da obtenção de dados, a metodologia envolve uma análise qualitativa e quantitativa sobre a área de implantação do anel viário no município de Bom Despacho/MG. O estudo, como ilustrado na Figura 6, foi realizado em duas partes. Na primeira parte, foi feito um diagnóstico da área de implantação do anel rodoviário e vias adjacentes considerando aspectos ambientais, morfológicos, sociais e econômicos. O diagnóstico foi realizado com auxílio do QGIS, utilizando camadas georreferenciadas e imagens espaciais para coletar informações e identificar oportunidades a partir do uso de um *buffer* para melhor implementação do anel viário na cidade, considerando características do lugar antes e depois da conclusão da obra. Em função das características morfológicas da mancha urbana municipal estipulou-se para o *buffer* a abrangência de 1 quilômetro de raio. A escolha desse valor é justificada pela distância entre o centro e a franja da mancha urbana (aproximadamente 4,5 quilômetros), permitindo a sobreposição adequada das áreas a serem analisadas – outros valores referenciais não foram encontrados na literatura.

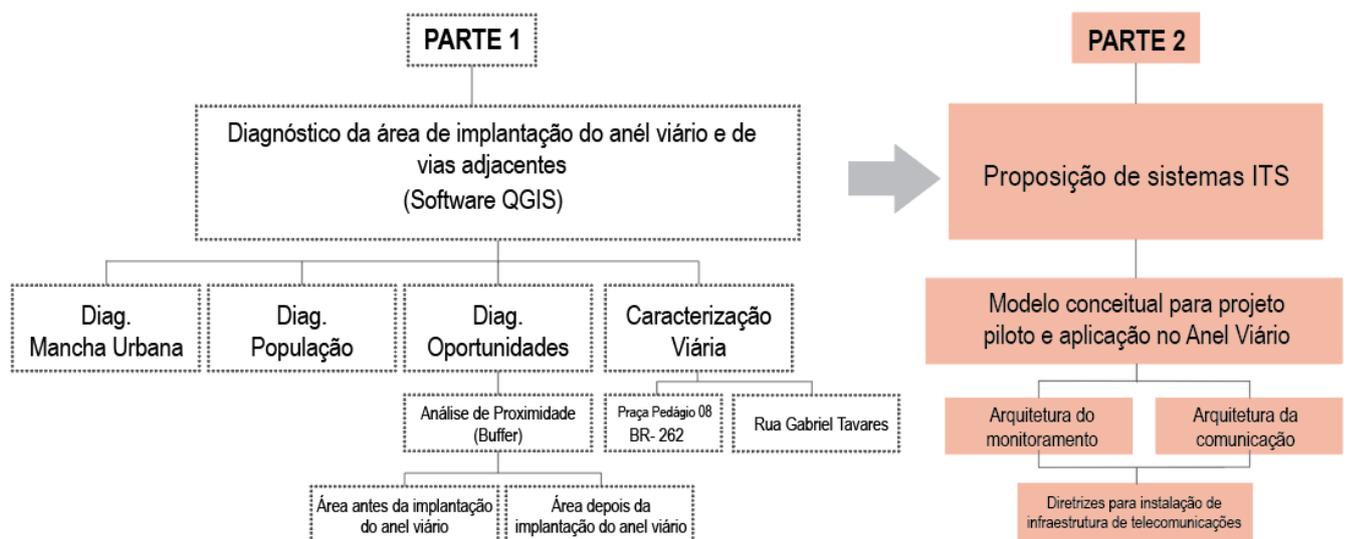


Figura 6. Fluxograma da metodologia a ser desenvolvida.

4.1 Diagnóstico da Área de Implantação

Os diagnósticos foram elaborados utilizando camadas georreferenciadas provenientes da plataforma *Open Street Maps* e dados obtidos através do portal IBGE Cidades (IBGE, 2010). O traçado urbano utilizado para a projeção do anel viário foi fornecido pela Prefeitura Municipal de Bom Despacho. São eles:

- **Diagnóstico da Mancha Urbana:** análise da cidade para compreender suas necessidades tanto para otimizar o uso do solo em áreas de vulnerabilidade como para promover um crescimento urbano sustentável;
- **Diagnóstico da População:** caracterização da população urbana através de indicadores socioeconômicos e culturais; estabelecer padrões que permitam identificar o modo de vida das pessoas e características de usabilidade do espaço urbano;
- **Diagnóstico de Oportunidades:** compreensão do perfil socioeconômico e cultural da área de implementação do anel viário, no intuito de promover o desenvolvimento urbano, atraindo atividades econômicas e culturais, impulsionadas pela iniciativa pública e privada, de modo que, torne a cidade mais interessante, fluída e coesa.

Em seguida, após a coleta dos dados qualitativos (dados subjetivos como o IDH e indicadores atrelados a qualidade de vida dos moradores de Bom Despacho extraídos da base do IBGE) e dados quantitativos (dados baseados em conceitos estatísticos extraídos do QGIS e tratados no Excel, a exemplo da renda per capita, taxa de evolução populacional e domiciliar, e frota de veículos do município) foi utilizado o método hipotético dedutivo para solucionar problemas que possam ser gerados pelo impacto da implantação do anel viário na malha urbana de Bom Despacho. Os dados foram fornecidos pela Prefeitura Municipal de Bom Despacho por meio da Secretaria de Trânsito e da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2023). Os dados provenientes da ANTT são referentes a contagem volumétrica dos veículos que passam nas estações de pedágio, enquanto os dados fornecidos pela Prefeitura são oriundos de um estudo da viabilidade de implantação do Anel. O trecho entre os pedágios possui uma distância de 123,45 Km e a contagem volumétrica mensal, categorizada por dia de medição, foi utilizada como *proxy* do fluxo

viário médio de um dia tipo de trânsito na região. Foi utilizado, assim, os veículos que transitam pela Praça de Pedágio 08, pela sua proximidade com a área de estudo.

A contagem volumétrica de veículos desempenha um papel de grande importância na construção de uma arquitetura de monitoramento eficaz para um anel viário. Essa contagem faz inferência a quantidade de veículos que passam por determinados pontos ou seções do anel viário em determinado período. Neste sentido, a contagem fornece informações essenciais para o gerenciamento eficiente de tráfego. Os dados coletados podem ser usados para identificar congestionamentos. Com base nessas informações, as autoridades de trânsito podem tomar medidas para otimizar o fluxo de tráfego, como ajustar os semáforos, direcionar o tráfego para rotas alternativas ou tomar decisões de gerenciamento de incidentes (TOMOYUKI *et al.*, 2014).

O sistema de contagem veicular da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres) utiliza as praças de pedágio para sintetizar a contagem veicular. Para a classificação viária da Praça de Pedágio 08, na BR-262, utilizou-se dados do primeiro trimestre de 2023 da contagem volumétrica registrada pela empresa CONCEBRA, sendo o intervalo de tempo mais recente disponível a data da realização deste estudo. Os dados foram classificados de acordo com o tipo de veículo, categoria, sentido de tráfego e o mês. É importante ressaltar que o sistema não informa de maneira clara volume de veículos contabilizados por dia de cada mês, pois a tabela não discrimina o dia da contagem, assim os dados foram tabulados e organizados por mês de observação. O intuito de caracterizar a circulação atual dos veículos é analisar qual a solicitação para o sistema urbano de Bom Despacho e qual a provável demanda pela estrutura do novo anel viário municipal. Assim, foi avaliado o volume médio diário por tipo de veículo (veículo de passeio, veículo comercial e motocicleta). Tal avaliação foi feita com auxílio do *software* Microsoft Excel para tabular os dados de acordo com os passos descritos na Figura 7.

Em primeira instância, foi avaliado a dispersão dos dados, com o uso de gráficos de *boxplot*. Desta análise foi possível obter qual foi a média de veículos circulantes em cada mês, obtendo assim um volume médio diário (VMD).

Em um segundo momento foi avaliada a média aparada e a amplitude desta amostra. A média aparada permitiu estipular um VMD tirando 10% dos extremos da amostra, dessa forma foi possível mitigar a influência dos *outliers*. A amplitude foi analisada a partir da

diferença entre o maior e o menor valor encontrado na amostra, de modo a avaliar a sua variabilidade. É uma medida simples de dispersão que mostra a variação total dos valores em um conjunto de observações.

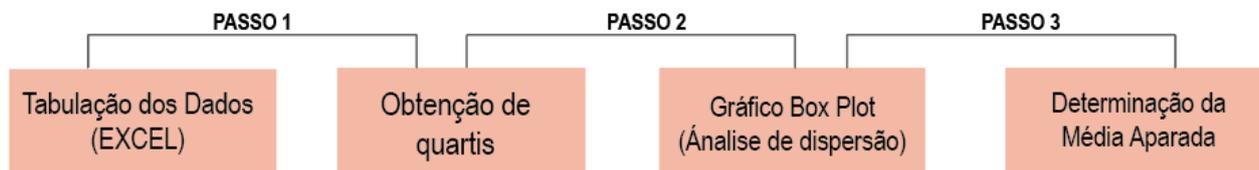


Figura 7. Metodologia para avaliação de contagem volumétrica na praça de pedágio 08

Após a tabulação dos dados disponibilizados pela ANTT, seguiu-se para a interpretação dos dados cedidos pela Prefeitura Municipal de Bom Despacho. Estes dados compreendem uma contagem veicular realizada na rua Gabriel Tavares, na quarta-feira, dia 08/09/2021, em Bom Despacho. A rua Gabriel Tavares é de grande importância para o entendimento do contexto viário urbano pois ela é responsável por absorver, além do volume considerável de tráfego local, um grande percentual de veículos comerciais que transitam da BR-262 no sentido da MG -164. A contagem veicular foi realizada por agentes municipais *in loco*, seguindo as normativas existentes. Os veículos eram contabilizados em intervalos de uma em uma hora (totalizando um período de 24 horas), sendo que, os valores correspondentes a cada tipo de veículo eram anotados em planilhas físicas de papel. Após a realização da contagem essas planilhas foram escaneadas e nos enviadas. A partir daí, seguiu-se com a tabulação dos dados no *software* Excel. Com a organização desses dados, foi possível identificar parâmetros como o Fator Hora de Pico (FHP) e o Volume Médio Diário (VMD) do trecho observado, assim como, qual o tipo de veículo é o mais comum a transitar na via. O próximo passo executado foi a proposição do modelo conceitual para uma arquitetura de comunicação e monitoramento baseada na aplicação de ITS, como explicitado adiante.

4.2 Proposição de Elementos para Arquitetura de ITS

Para que não seja necessário a construção de novas estruturas pela consequente saturação do anel viário é necessário instalar dispositivos de monitoramento que auxiliem na gestão da infraestrutura (SINHA et al. 2017). Por isto, existe a necessidade de se implantar um sistema de ITS. Na segunda parte do trabalho foi proposto um modelo conceitual de infraestrutura de comunicação para auxiliar no gerenciamento do novo anel

viário de Bom Despacho. A ideia é desenvolver uma arquitetura de monitoramento e uma arquitetura de comunicação de modo interligado (Figura 8), estabelecendo uma relação entre todas as partes envolvidas no projeto.

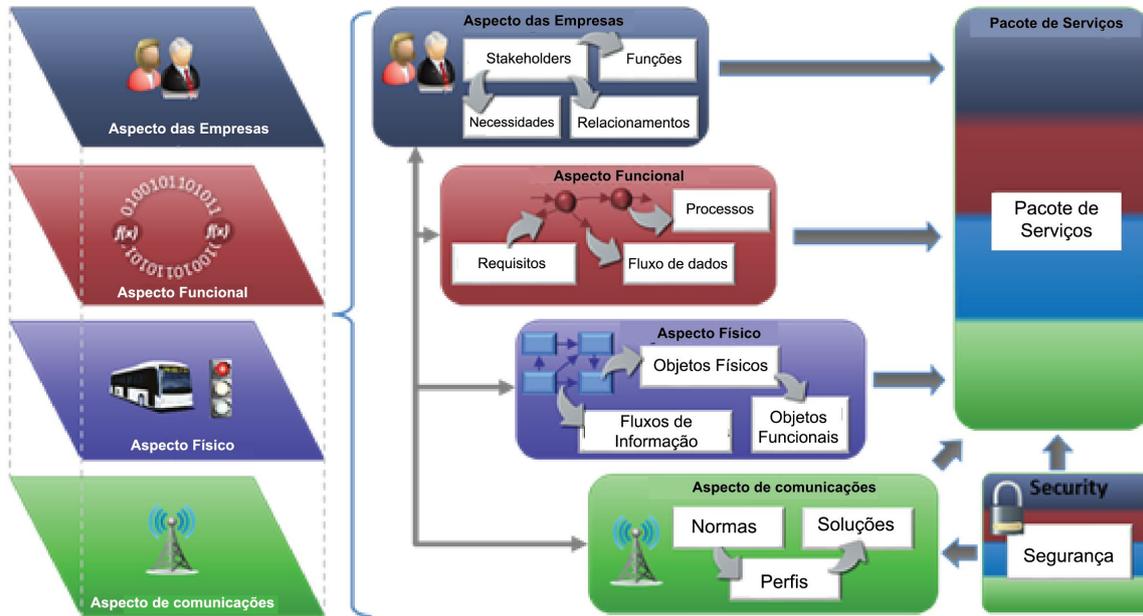


Figura 8. Arquitetura de ITS. Fonte: UE, 2022.

Os modelos conceituais tem sido aplicados com sucesso na proposição de arquitetura de dados em geral. Independentes de plataformas de *hardware* e *software*, os modelos conceituais permitem representar, de maneira abstrata, formal e não ambígua, a realidade da aplicação, facilitando a comunicação entre projetistas e usuários (LISBOA FILHO et. al., [S.d.]). Eles buscam descrever e comunicar de forma clara e compreensível as principais características, funcionalidades e relações existentes entre os elementos de determinado projeto. Em projetos de arquitetura de comunicação e monitoramento, os modelos conceituais proporcionam uma orientação quanto a concepção e implementação do sistema. Desta forma, as partes interessadas como arquitetos de dados e engenheiros podem entender a proposta e alinharem suas ideias em relação ao sistema proposto. De modo geral, esses modelos ajudam a definir os elementos envolvidos, a lógica de funcionamento, a integração entre componentes e as principais funcionalidades. Isso possibilita maior assertividade na execução do projeto, evitando retrabalhos e ambiguidades.

De acordo com Parush (2015), os tipos de modelos conceituais se diferem em relação aos níveis de liberdade dados ao usuário no tocante da realização de tarefas e alcance de metas. Em alguns casos, o fluxo de tarefas pode ser estruturado e linear, fazendo com que o usuário tenha menos liberdade em termos de alternativas de interação. Em outros casos, o usuário possui maior liberdade de alternativas de interação em função de um modelo conceitual mais desestruturado.

Por fim, para o desenvolvimento do presente trabalho, adotou-se um modelo conceitual matricial não sequencial e não estruturado. Existem duas características principais para este tipo de modelo: eles possuem pontos de partida paralelos para a execução do projeto e pelo menos dois conjuntos de elementos que são relacionados ou independentes deste ponto de partida (PARUSH, 2015). Os indicadores considerados para o modelo foram os dados de entrada, os elementos de infraestrutura, os parâmetros de análise, os dados de saída e alertas gerados.

5 ESTUDO DE CASO: ANEL VIÁRIO DE BOM DESPACHO

Como resultados, primeiramente são apresentados dados relativos à área de estudo e obtidos a partir do Censo 2010, realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Através destes dados foi possível realizar um diagnóstico da realidade municipal em relação aos parâmetros socioeconômicos como renda, evolução populacional, crescimento do número de domicílios e qualidade de vida. O objetivo deste diagnóstico é retratar as condições de vida da população de modo que possam ser obtidas as informações para a elaboração do modelo conceitual de arquitetura de comunicação e monitoramento e a proposição de diretrizes de implantação realistas promovendo a melhoria contínua do anel viário em Bom Despacho.

5.1 Área De Estudo

Conforme o mapa de inserção regional (Figura 9), Bom Despacho tem 1.223 km² e está localizada no Centro-Oeste de Minas Gerais, na região do Alto São Francisco. Seu território faz divisa com as cidades de: Martinho Campos, Araújos, Moema, Perdígão, Leandro Ferreira e Santo Antônio do Monte. Em relação aos principais centros urbanos, Bom Despacho fica a 158 km de Belo Horizonte e a 80 km de Divinópolis. O acesso a esses centros ocorre pela rodovia federal BR - 262. Dezenas de estradas municipais, em sentido radial, ligam a sede do Município a oito povoados e ao Distrito do Engenho do Ribeiro. Há também estradas municipais transversais, diagonais, longitudinais e de ligação que interconectam umas às outras, permitindo que se vá de um povoado a outro sem necessidade de passar pela sede do município. Bom Despacho/MG é classificada como um centro sub-regional de nível B, contribuindo para a relação econômica e social dos municípios da região. Destaque também para Nova Serrana/MG, que possui a mesma classificação, e para Divinópolis, que é classificada como Capital Regional de nível C (PREFEITURA MUNICIPAL DE BOM DESPACHO, 2022).

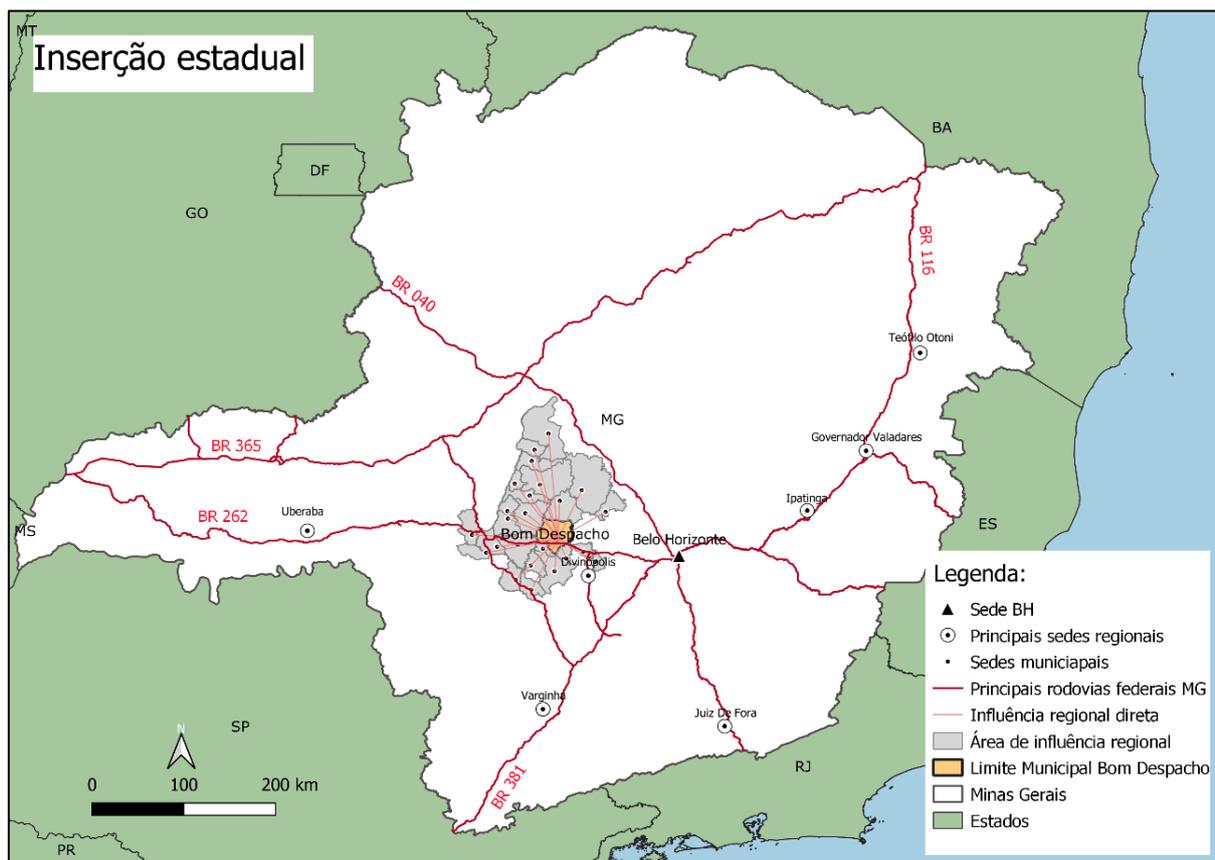


Figura 10. Mapa de inserção estadual do município de Bom Despacho / MG

A mancha urbana que compreende o município de Bom Despacho tem aproximadamente 12 quilômetros de diâmetro e possui características comuns à maioria dos municípios de médio porte. A área central, indicada na Figura 11, de maior adensamento populacional, apresenta edifícios multifamiliares ocupados por famílias de maior renda; e edifícios de uso misto, abrigando os principais núcleos comerciais e econômicos. O centro é o lugar onde o comércio se estabelece e há maior concentração de capital econômico. Os bairros são em sua maioria de caráter residencial, com moradias predominantemente unifamiliares, apresentando ainda alguns serviços e comércios locais. Nas franjas da cidade estão os conjuntos habitacionais e áreas ocupadas por população de menor renda. Observando o contínuo aumento no número de domicílios do município é perceptível o impacto de programas habitacionais como o “Minha Casa Minha Vida”. A cidade possui áreas de proteção ambiental, embora seja possível identificar um número considerável de áreas passíveis de expansão, o que corrobora a ideia de crescimento da malha urbana.

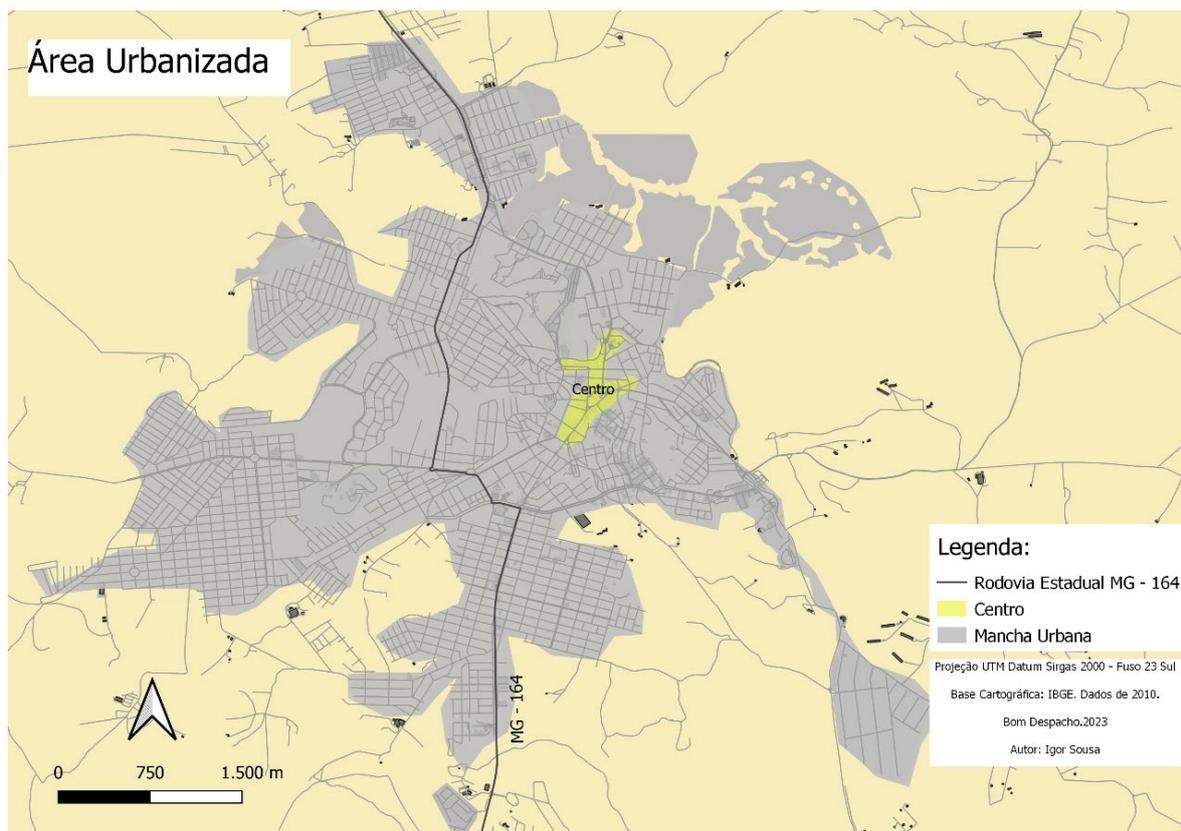


Figura 11. Mapa da mancha urbana do município de Bom Despacho / MG

As principais articulações internas têm início a partir do centro da cidade e se ramificam por entre os bairros ou se conectam às rodovias. A ideia de implantação do Anel Rodoviário é uma tentativa de aliviar este fluxo de carga que transpassa pela malha urbana do município.

A infraestrutura do município de um modo geral busca atender as necessidades de sua população, no entanto, ainda existem defasagens a serem superadas. Mais de 90% da população bom-despachense possui água tratada, coleta de lixo e esgoto, energia elétrica, iluminação pública e sistema viário pavimentado. O principal núcleo de saúde público é a Santa Casa de Caridade que é gerida pela Prefeitura por meio de terceiros. Além disso, existem PSF's - (Postos de Saúde Familiar) instalados nos bairros para amenizar demandas e volume de pacientes da Santa Casa.

A população total e urbana apresenta crescimento no período de 1970 a 2010, em contrapartida, neste mesmo período, a população rural vem diminuindo como observado na Figura 12. A maior taxa de crescimento populacional, tanto total quanto urbana, ocorreu

nas décadas de 1970 e 1980. Neste mesmo período houve a diminuição da população rural. O pico do crescimento demográfico urbano se deu entre 1980/1991. Desde 1970 até 2010 (40 anos), a população total cresceu praticamente 67%; a urbana dobrou, apresentando crescimento de 114%; e a rural mostrou queda de 63% nessa mesma parcela de tempo (Tabela 1).

Apesar da população urbana ter crescido de 1970 até 1991, como pode-se observar na Figura 13, ela apresenta tendência de decréscimo nas décadas posteriores. Em Bom Despacho a população total e urbana tem crescido menos que a taxa média do Brasil e de Minas Gerais, no entanto o número de pessoas deixando o meio rural se sobressai quando comparado com o estado ou o país. Em relação a taxa de urbanização de Bom Despacho parece estar estabilizada entre 7%, a cada 10 anos, apresentando valores superiores aos do estado e do país.

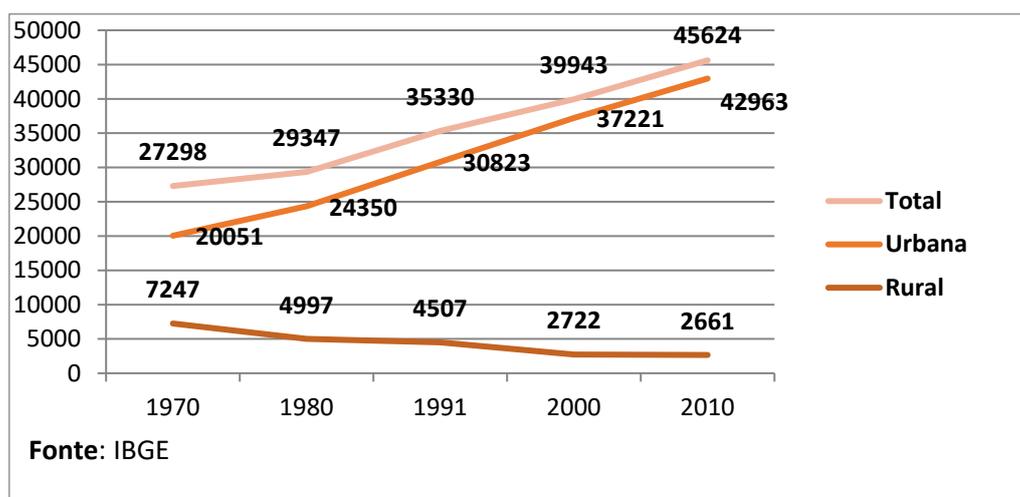


Figura 12. Evolução da população entre séries censitárias. Fonte de dados: (IBGE, 2010).

Tabela 1. Taxa de crescimento ou decréscimo populacional de Bom Despacho em comparação com Minas Gerais e Brasil (Fonte: IBGE, 2010, Adaptado)

Localidade Geográfica		Taxa de Crescimento Populacional				
		1970/80	1980/90	1990/2000	2000/2010	1970/2010
Bom Despacho	Total	7,5%	20,4%	13,1%	14,2%	67,1%
	Urbana	21,4%	26,6%	20,8%	15,4%	114,3%
	Rural	-31,0%	-9,8%	-39,6%	-2,2%	-63,3%
Minas Gerais	Total	16,5%	17,7%	13,6%	9,5%	70,6%
	Urbana	48,2%	31,2%	24,5%	13,9%	175,7%
	Rural	-18,9%	-10,0%	-18,6%	-10,5%	-46,8%
Brasil	Total	27,8%	23,4%	15,6%	12,3%	104,8%
	Urbana	54,4%	38,0%	24,3%	16,7%	208,9%
	Rural	-6,0%	-7,1%	-11,1%	-6,3%	-27,3%

Fonte de dados: IBGE

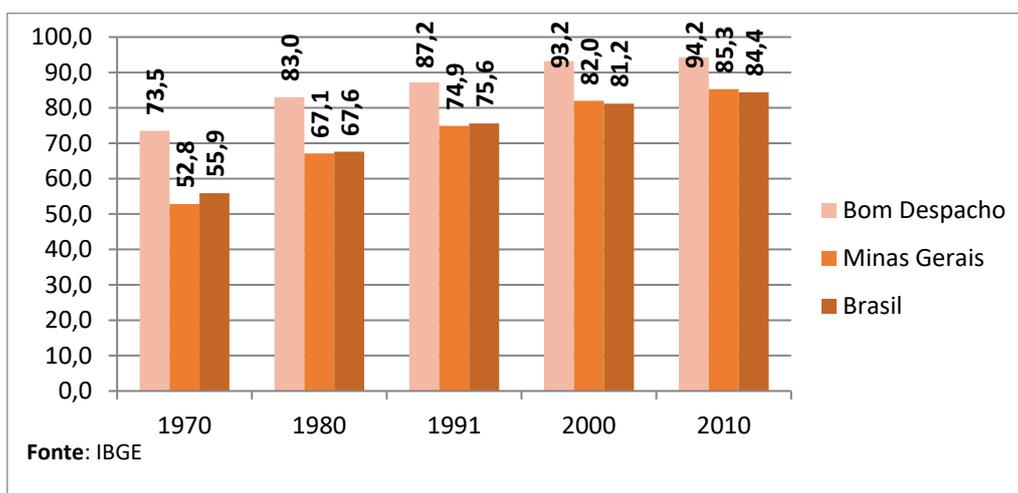


Figura 13. Taxa evolutiva da população entre séries censitárias. Fonte de dados: (IBGE, 2010).

A cada década observa-se o aumento da quantidade de domicílios total e na área urbana e um decréscimo da área rural, como demonstra a Figura 14. Pode-se inferir que houve o aumento da área urbanizada (elevação dos níveis de infraestrutura e extensão do perímetro urbano). Em relação a taxa de urbanização de Bom Despacho, a partir de análise da Tabela 2, observa-se uma estabilização entre 7%, a cada 10 anos, apresentando valores superiores aos do estado e do país.

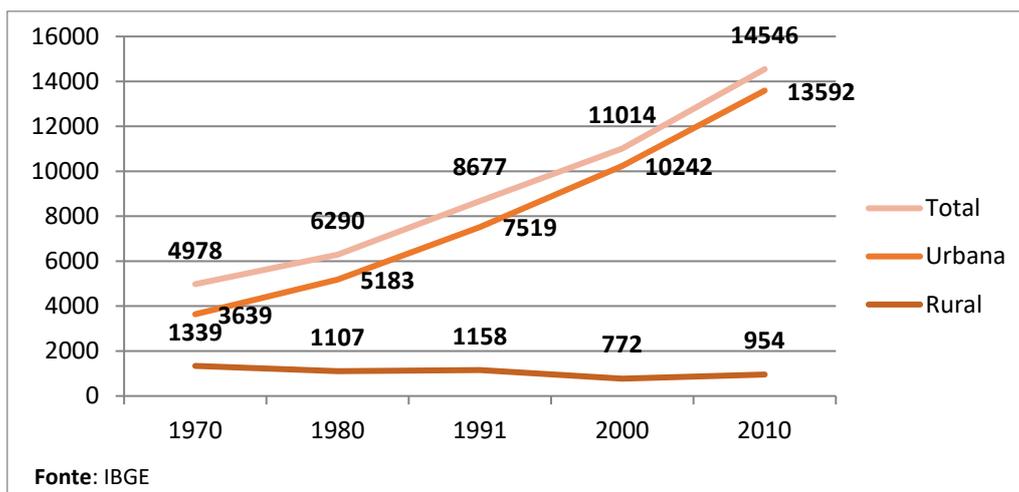


Figura 14. Evolução da quantidade de domicílios entre séries censitárias. Fonte de dados: (IBGE, 2010)

Tabela 2. Taxa da evolução da quantidade de domicílios de uma série censitária para outra entre 1970/2010 no Município de Bom Despacho (MG)

Localidade Geográfica	Taxa de Crescimento de Domicílios				1970/2010
	1970/80	1980/91	1991/2000	2000/2010	
Total	26,4%	37,9%	26,9%	32,1%	192,2%
Urbana	42,4%	45,1%	36,2%	32,7%	273,5%
Rural	-17,3%	4,6%	-33,3%	23,6%	-28,8%

Fonte de dados: IBGE, 2010

Entre o período de 1970 a 2010, como mostra a Tabela 2, a quantidade de domicílios dobrou, sendo que na área urbana foi quase três vezes maior. Na área rural houve decréscimo de aproximadamente 29%. O maior crescimento do número de domicílios foi entre as séries 1980/91 e 2000/2010. A existência destes picos de crescimento fortalece a ideia de haver uma expansão da área urbanizada, podendo haver substituição e verticalização das edificações antigas ou de valor histórico/cultural.

Como justificativa, no ano de 2007, buscando movimentar a economia com uma série de investimentos em infraestrutura e privilegiando aspectos como saneamento e habitação, o Governo Federal implantou o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).

Já em 2009, com a crise financeira global, o governo federal tomou certas medidas com intuito de manter aquecida a economia, uma destas foi o Programa Minha Casa Minha Vida. A iniciativa governamental estaria canalizando recursos para dinamizar a economia a partir do setor civil. De acordo com Rolnik e Klink (2011), a expansão e maior disponibilidade

de subsídios públicos ao crédito habitacional provocou um dos maiores ciclos de crescimento do setor imobiliário nas cidades já vividos no país.

De maneira geral, de acordo com a Tabela 3, em todas as dimensões analisadas o número de habitantes por município decresceu, apresentando maior decréscimo na escala municipal. Compreende-se que possa ter havido melhorias na qualidade de vida da população de maneira geral, como também, ao se tratar de políticas habitacionais as moradias demandariam menor quantidade de cômodos. Além disso, ao comparar a relação entre população e quantidade de municípios é possível inferir que Bom Despacho possui um menor índice de pessoas morando em áreas rurais e o maior número de casas por habitantes do que Minas Gerais e o Brasil. Isso corrobora com o fato de o município estar localizado em uma região de concentração econômico que possui mais recursos que a média nacional.

Tabela 3. Relação entre população e quantidade de domicílios em Bom Despacho, Minas Gerais e Brasil.

Localidade Geográfica		População/Número de Domicílios				
		1970	1980	1991	2000	2010
Bom Despacho	Total	5,5	4,7	4,1	3,6	3,1
	Urbana	5,5	4,7	4,1	3,6	3,2
	Rural	5,4	4,5	3,9	3,5	2,8
Minas Gerais	Total	5,5	4,8	4,2	3,8	3,3
	Urbana	5,4	4,7	4,1	3,7	3,2
	Rural	5,6	5,1	4,6	4,1	3,4
Brasil	Total	5,3	4,7	4,2	3,8	3,3
	Urbana	5,1	4,5	4,1	3,7	3,3
	Rural	5,6	5,2	4,7	4,3	3,7

Fonte de dados: IBGE (2010)

A Figura 15 mostra que a partir de 1991 o IDH aumentou em todos os âmbitos abordados. Sendo que desde 2000 Bom Despacho apresenta índices melhores que o estado e o país. O IDH passou de 0,492 em 1991 para 0,665 em 2000 – uma taxa de crescimento de 35,16%. Quando comparado ente 1991 e 2010 a taxa de crescimento é de 52,44%. Isto comprova que Bom Despacho é um município que com o passar dos anos tem oferecido melhores condições de vida para seus habitantes, a caminho de uma melhoria na qualidade de vida. Isto, no entanto, não significa que em toda a cidade a qualidade de vida é a mesma e os níveis de habitabilidade são os mesmos. Em todas as

séries, o melhor componente do IDH se refere a longevidade, o componente renda ocupa uma posição intermediária e educação apresenta os piores resultados, conforme demonstra Figura 16. Por apresentar maior defasagem, entende-se que a educação deve ser priorizada pelos gerenciadores públicos.

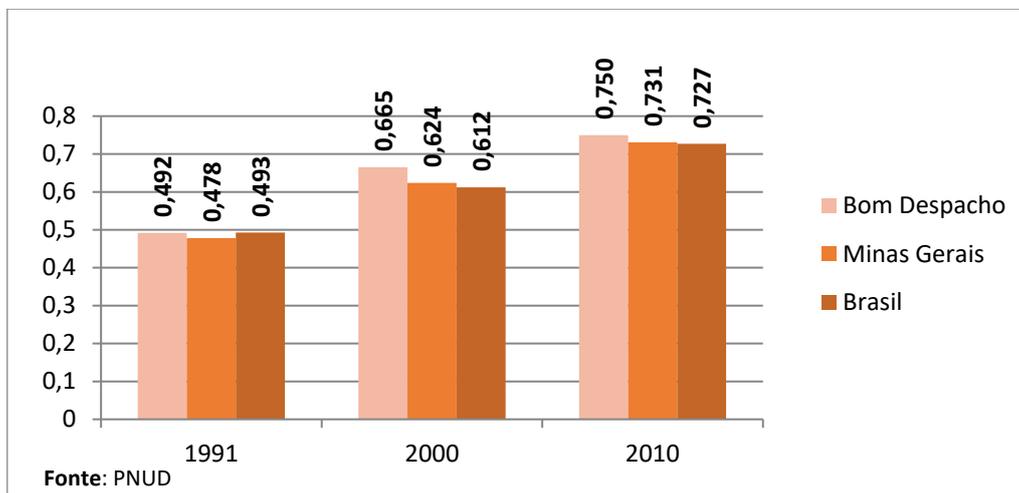


Figura 15. Comparação entre o IDH de Bom Despacho, Estado e Brasil para os anos de 1991, 2000 e 2010.

Fonte de dados: (ATLAS BRASIL, 2010).

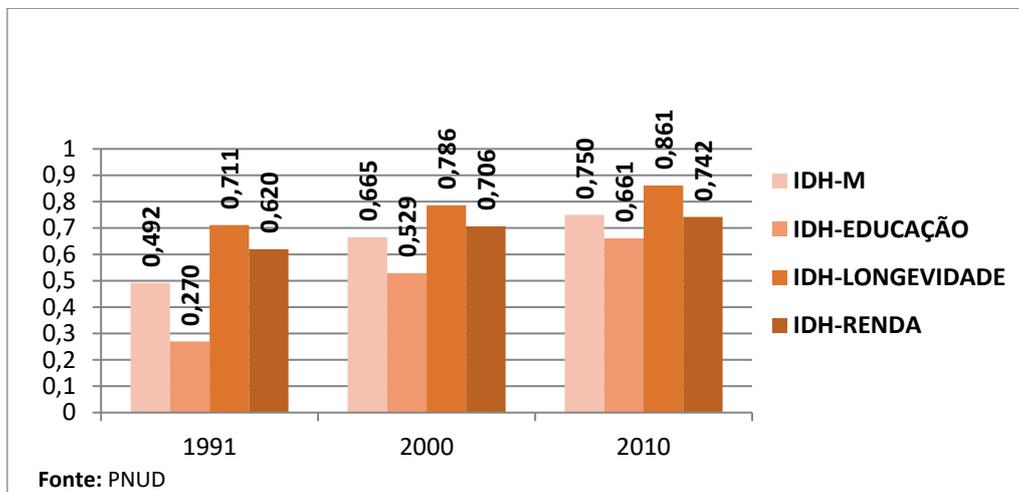


Figura 16. Componentes do IDH de Bom Despacho. Fonte de dados: (ATLAS BRASIL, 2010).

Como ilustrado na Figura 17, desde 1991, os indicadores vêm apresentando melhorias, sendo estes melhores que os do estado e do país. Presumivelmente o município possui satisfatórias políticas de saúde, tais como as políticas ligadas ao acompanhamento e atendimento de gestantes. Com as taxas observadas em 2010, todos os entes federados

cumprem uma das metas dos Objetivos do Milênio da ONU, a qual pretendia em 2015 alcançar o número de 17,9 óbitos por 1000 nascidos vivos.

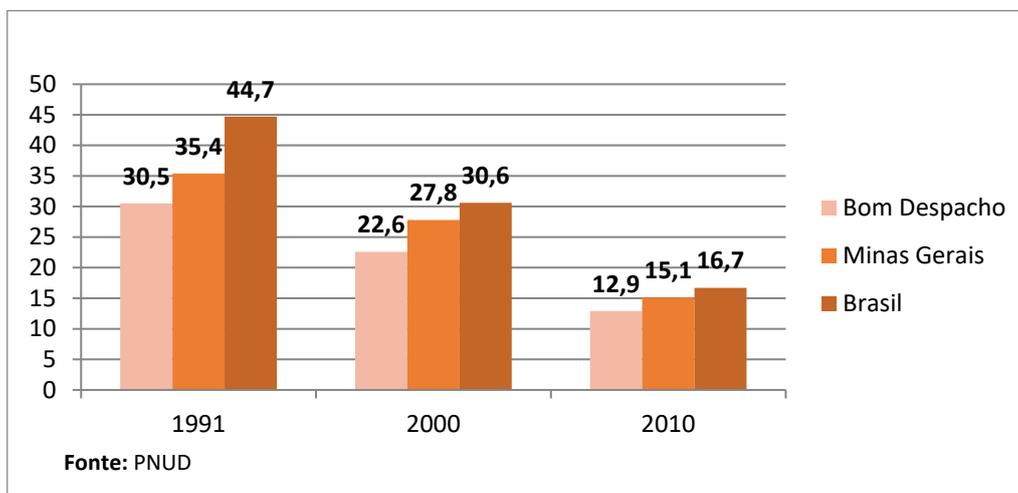


Figura 17. Dados sobre mortalidade infantil. Fonte de dados: (ATLAS BRASIL, 2010).

Como demonstrado no gráfico na Figura 18, a taxa de fecundidade vem apresentando diminuição significativa, sendo que desde 2000 o município apresenta índice menor que o estado e o país, como pode ser observado no gráfico abaixo. Compreende-se que tende a haver uma estagnação ou uma possível redução populacional. Isto influencia diretamente na organização do território, podendo haver contração do número de domicílios e a atenuação da extensão urbana.

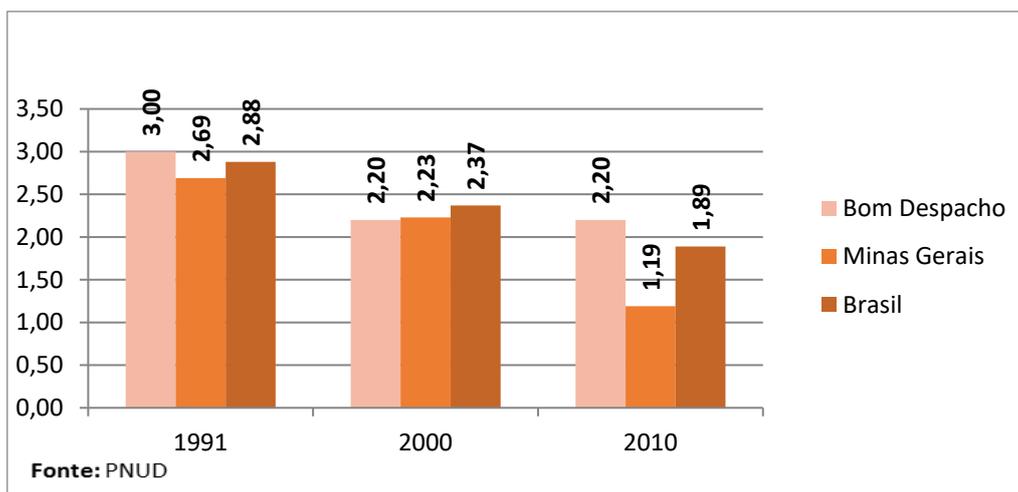


Figura 18. Dados sobre fecundidade. Fonte: (ATLAS BRASIL, 2010)

A partir dos anos 2000, o município apresentou renda per capita maior que estado e país. Pode-se inferir que o município de Bom Despacho possui uma economia relevante

em um contexto estadual e regional. Em série histórica apontada pela PNUD (Figura 19), desde 1991 a taxa de pessoas pobres vem diminuindo constantemente em todas as escalas abordadas, sendo que em todas as séries o município de Bom Despacho apontou números menores em relação ao estado e país.

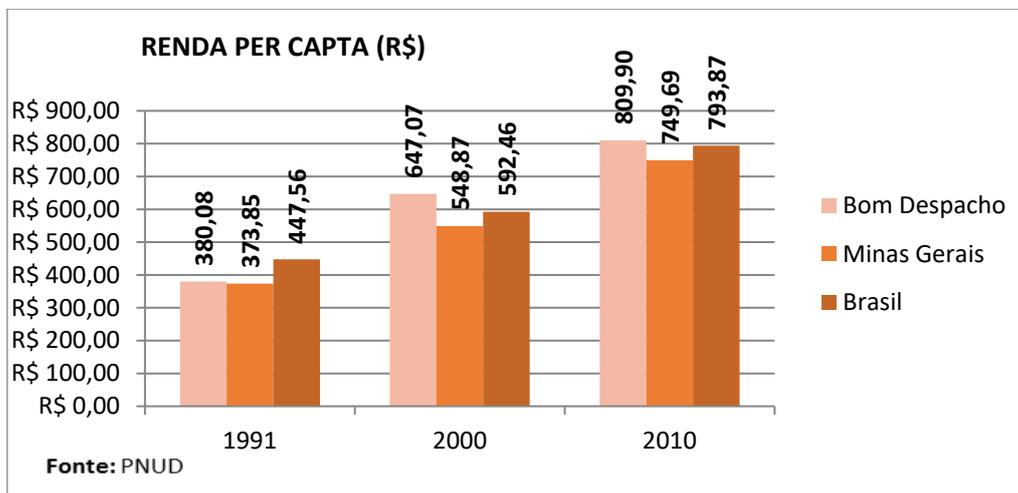


Figura 19. Dados sobre Renda Per Capta. Fonte:(ATLAS BRASIL, 2010)

A Tabela 4 demonstra o aumento na frota de veículos em Bom Despacho nos períodos de 2016-2017. Em 2016, a cidade contava com o total de veículos de 28.031, com destaque para uma frota de ônibus totalizando 473 unidades. Em 2018 o total de veículos era de 28.844 e a frota de ônibus era de 478 unidades.

Tabela 4. Composição da Frota de Veículos de Bom Despacho entre 2017 e 2018

Veículo/ano	2017	2018
Automóvel	16.091	16.564
Motocicleta	5.349	5.568
Caminhonete	3.126	3.223
Caminhão	1.163	1.194
Camionete	629	679
Motoneta	572	595
Ônibus	476	478
Caminhão trator	291	312
Utilitário	97	120
Micro-ônibus	94	97
Outros	10	10
Trator de rodas	4	4
TOTAL	27.902	28.844

Fonte de dados: IBGE Cidades, 2022

Além disso, existiam aproximadamente 200 km de vias urbanas na cidade, com 26.922 veículos em trânsito. Nos últimos anos a frota de veículos em Bom Despacho cresceu cerca de 200%. Do ponto de vista urbanístico, esse padrão é insustentável, uma vez que os investimentos na manutenção e construção de vias urbanas não acompanharam no mesmo ritmo a elevação da frota de veículos. Ademais, a política de acessibilidade às vias urbanas, em especial para deficientes, vem se tornando pauta necessária na Prefeitura. Entende-se por vias urbanas as superfícies por onde transitam veículos, pessoas e animais; como ruas, avenidas, calçadas e outros (PREFEITURA MUNICIPAL DE BOM DESPACHO, 2022)

5.2 Caracterização da circulação de veículos

Os dados obtidos a partir da caracterização da circulação de veículos e de um estudo de contagem volumétrica na Praça de Pedágio 08 da BR-262, como também, na Rua Gabriel Tavares em Bom Despacho são aqui apresentados. Nesta análise, foram realizados levantamentos para estipular números de volume médio diário (VMD) de veículos do tipo passeio, comercial e motos. A caracterização abrangeu aspectos como padrões de fluxo, comportamentos em horários de picos e tendências sazonais. Além disso, o estudo permitiu identificar os principais tipos de veículos que circulam na região de estudo, bem como suas respectivas proporções na via. Esses resultados serviram de embasamento para o planejamento do modelo conceitual a ser implementado no novo anel viário de Bom Despacho.

5.2.1 Caracterização da circulação de veículos na BR-262

Com o intuito de estimar o volume de veículos que transitam pela região de influência da cidade, extraiu-se os dados do sistema da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres). Esses dados compreendem a contagem volumétrica mensal de veículos que passam pela praça de pedágio fronteira a de Bom Despacho. A Praça 08 está situada no município de Luz, no Km 512,85 da BR – 262, a 35 km do trevo de Bom Despacho. Possui sentido duplo (Crescente: oeste para leste / Decrescente: leste para oeste) e o trecho é administrado pela empresa Concebra. A Figura 20, ilustra como Bom Despacho está inserido entre as duas praças de pedágio 07 e 08 e a disposição das outras municipalidades pertencentes a região.

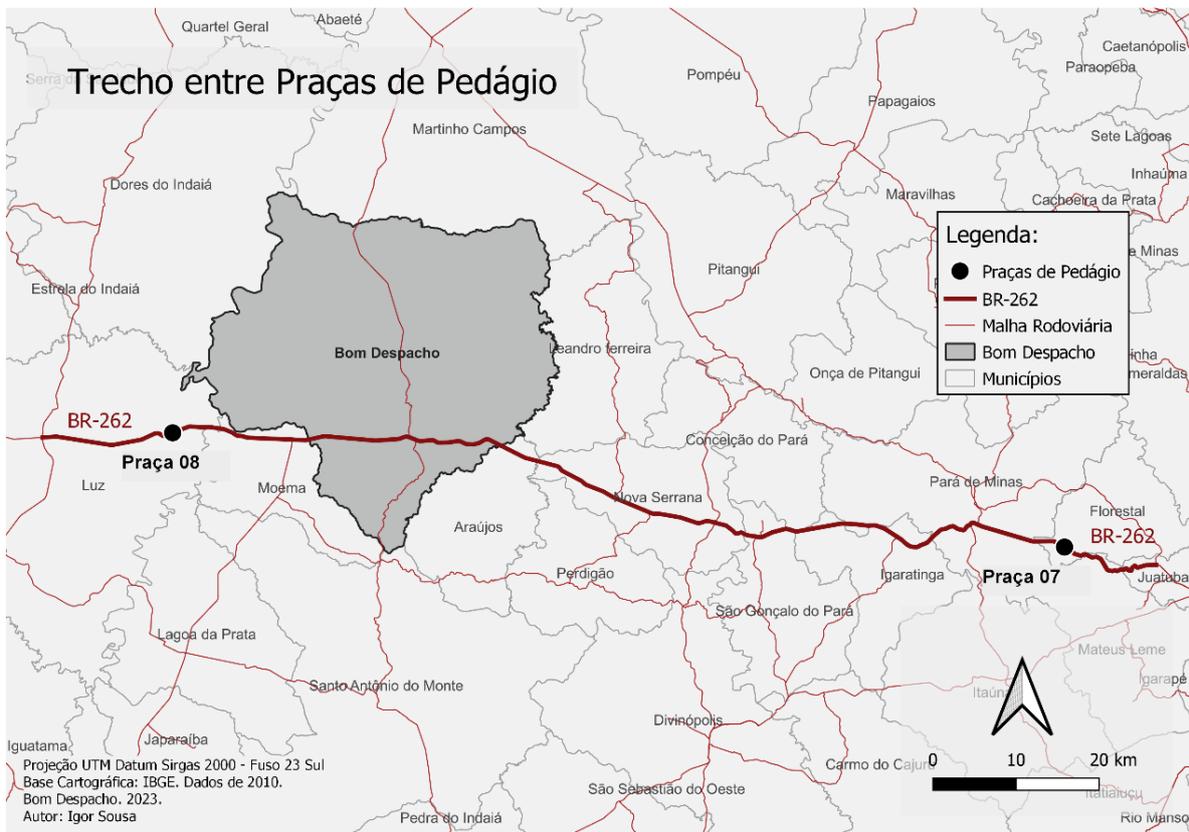


Figura 20. Trecho entre Praças de Pedágio

A Figura 21, assim como a Tabela 5, apresentam o total mensal de veículos que passaram pela praça em ambos os sentidos (crescente e decrescente) no primeiro trimestre de 2023. Os veículos foram classificados em três categorias: veículos de passeio, veículos comerciais e motos.

Para janeiro de 2023 foi possível perceber um maior volume de veículos de passeio (23% a mais que veículos comerciais). No mês de fevereiro esta tendência se repetiu, com maior volume de veículos de passeio. Por outro lado, no mês de março a lógica se inverteu, de modo que, observou-se um maior volume de veículos comerciais do que veículos de passeio (2,2% a mais), mesmo que a diferença seja pequena. A alta dos veículos de passeio em janeiro pode estar associada ao verão e ao período de férias, onde as pessoas costumam viajar com maior frequência. Nos meses seguintes a contabilidade sofre pouca variação. Em relação as motocicletas, observou-se um crescimento linear ao longo do trimestre a uma taxa de aproximadamente 16% ao mês, finalizando o mês de março com

2.170 motos contabilizadas. Esta tendência de crescimento se aproxima com o relatado na literatura, de crescimento da frota de motocicletas no Brasil (OLIVEIRA *et al.*, 2021)

Os veículos comerciais são os responsáveis por estabelecer conexões de fluxo econômico entre as cidades, de modo que realizam o transporte de diversas mercadorias, bens de consumo e insumos para realização de serviços. Eles são classificados de acordo com os eixos que possuem (o eixo é o local onde são instaladas as rodas do veículo). Desta forma, o eixo é responsável pela estabilidade do automóvel, ligando o pneu de uma lateral ao pneu da outra lateral. Eles podem apresentar diferentes tipos e rodagens. Em resumo, esses diferentes números de eixos e combinações de pneus podem suportar um peso máximo que varia entre 6 e 30 toneladas de carga. Eixos duplos compreendem uma maior variedade de veículos de carga como por exemplo: camionetas, vans e caminhões de menor porte. São os mais indicados para transportes leves, sendo os mais utilizados como veículos urbanos de carga (VUCs), em atividades como entregas e mudanças. Já os veículos de 3 e 6 eixos são caminhões grande porte, como aqueles que carregam *comodities* em suas carrocerias (COBLI BLOG, 2022).

Tabela 5. Volume de veículos passantes pela Praça 08 (Dados obtidos de: ANTT, 2023).

Tipo de veículo	Jan	Fev	Mar	Total Geral
Comercial	83.710	78.000	91.083	252.793
Moto	1.510	1.751	2.170	5.431
Passeio	107.625	88.882	89.113	285.620
Total Acumulado	192.845	168.633	182.366	543.844

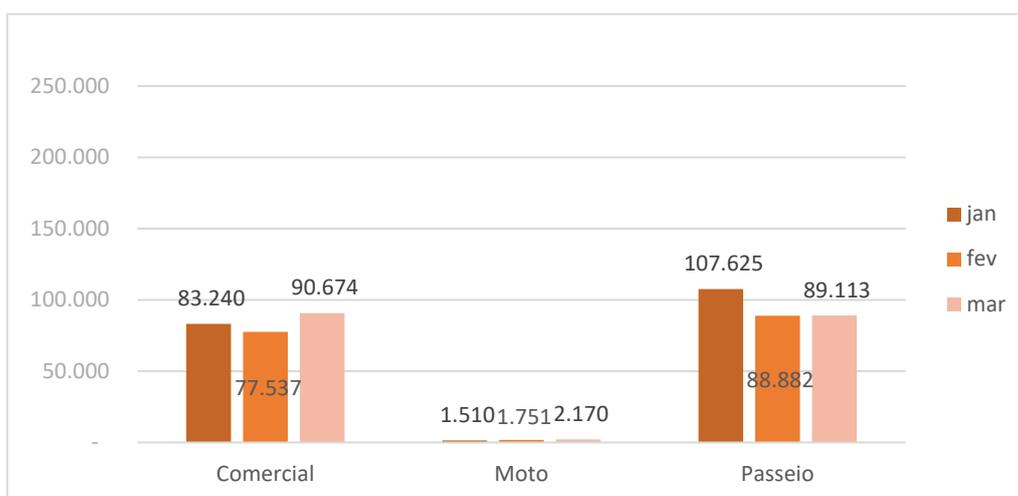


Figura 21. Volume de veículos Praça 08 - 1º Trimestre 2023

A Figura 22 ilustra a divisão dos veículos comerciais de acordo com o número de eixos e exprime o percentual relativo de cada um deles no total agregado. É importante salientar que quanto maior o número de eixos, maior o comprimento do veículo, sua capacidade de carga e o impacto que esse veículo exerce sobre a pavimentação e a estrutura da via como um todo. Os veículos com 6 eixos corresponderam ao maior percentual (22%) da contagem, evidenciando a importância desta via para escoar *commodities*. Também é importante ressaltar que os veículos de 2 eixos (18%) e 3 eixos (19%) totalizam 37% do volume de veículos comerciais, evidenciando também a relevância do transporte de pequenos volumes referentes ao *e-commerce* e ao abastecimento dos setores de hortifruti e varejista.

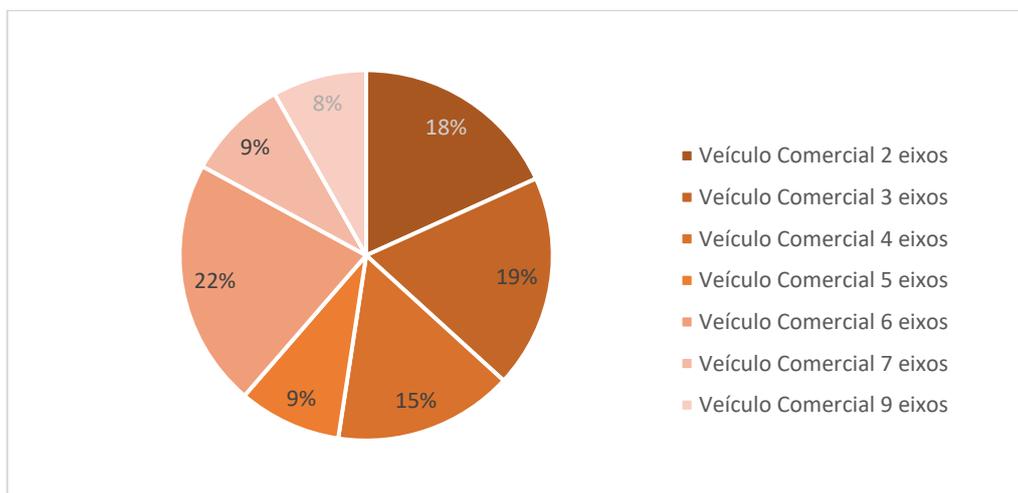


Figura 22. Tipo de veículo comercial por eixo - Praça 08 - 1º Tri 2023

5.2.1.1.1 Caracterização dos veículos de passeio

Para avaliar o volume médio diário (VMD) de veículos de passeio circulantes na BR-262 foi considerado apenas os veículos de 2 eixos, já que os veículos com 3 ou mais eixos representam menos de 1% da amostra. A Tabela 6 apresenta o volume máximo, mínimo e a média mensal de veículos de passeio passando pela Praça 08. Ao todo, durante o primeiro trimestre de 2023, observou-se 285.620 veículos de passeio passando pelo pedágio situado entre as cidades de Luz e Bom Despacho (Tabela 5). O mês de fevereiro apresentou a maior máxima registrada em um único dia, provavelmente pelo feriado de carnaval, que para o ano de 2023 ocorreu entre os dias 17 e 22 de fevereiro. Ademais, o

trecho estudado é uma das principais rotas de acesso a capital Belo Horizonte, onde ocorre o 2º maior carnaval de rua do país, ficando atrás apenas de São Paulo (PORTAL G1, 2020).

Tabela 6. Volume médio, máximo e mínimo de veículos de passeio.

Dados	Jan	Fev	Mar
Máximo	2701	2866	2701
Q3	1882	1713	1882
Média	1722	1571	1722
Q1	1523	1317	1523
Mínimo	1340	1014	1340

A dispersão da amostra (Figura 23) demonstrou que, mesmo fevereiro sendo o mês e que se atingiu os maiores picos de circulação de veículos, ele é o mês que apresenta menor média diária, o que se observa a partir da grande dispersão dos dados. Outro fator que pôde-se observar foi que ao longo dos meses a média de veículos de passeio que passaram pela Praça 08 foi semelhante, variando entre 1570 e 1720 veículos.

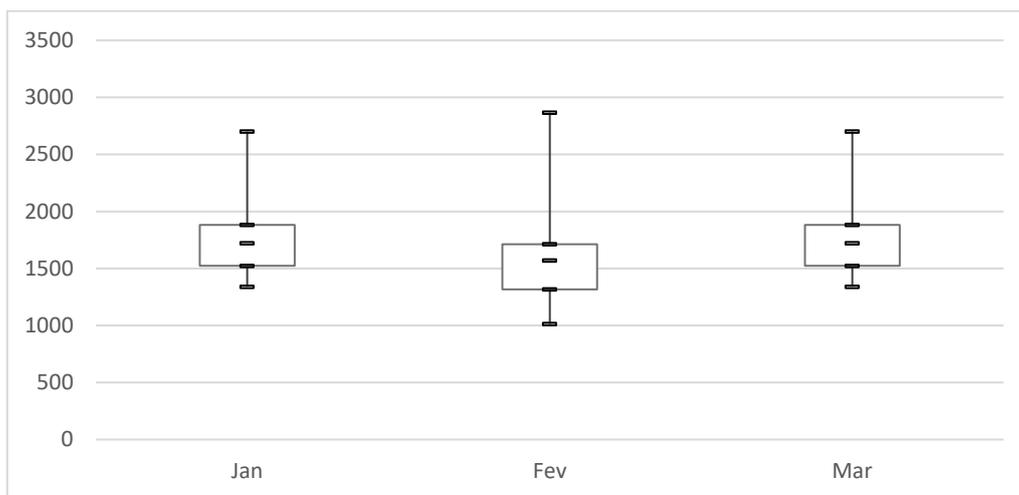


Figura 23. Gráfico Boxplot da amostra veículos de passeio

Tabela 7 traz os resultados da média geral no trimestre (obtida pelo *boxplot*), a média aparada (desconsiderando os valores 10% mais altos e 10% mais baixos da amostra) e a amplitude. Após a obtenção destes resultados foi possível inferir um valor diário de aproximadamente 1.650 veículos de passeio que utilizam a BR-262 nas proximidades de Bom Despacho. Este número é 5 vezes menor do que o número informado pela Prefeitura Municipal (8.700), em uma contagem veicular que considerava veículos trafegando pela malha urbana da cidade. Esta diferença pode ser função do VMD oriundo da rodovia MG-

164, perpendicular a BR-262 e que não é contabilizado pela praça de pedágio, somado ao volume de veículos circulantes de viagens internas de Bom Despacho, também não contabilizadas pela praça de pedágio. Estes dados indicam que pode haver um sobredimensionamento de demanda utilizados para o estudo de viabilidade no novo anel viário.

Tabela 7. Média geral, média aparada e amplitude dos veículos de passeio

Média Geral	Média Aparada	Amplitude
1671	1647	1852

5.2.1.1.2 Caracterização dos veículos comerciais

Os veículos comerciais foram categorizados de acordo com o número de eixos, sendo que veículos comerciais com 8 e mais de 10 eixos foram deixados de fora da amostra por apresentarem valores muito pequenos, menores que 1%. A Tabela 8 exibe os valores mensais médios e totais do número de veículos comerciais de acordo com a quantidade de eixos de cada um deles. A Tabela 9 exibe as médias diárias desse volume.

Observou-se que ao todo, no 1º trimestre de 2023, circularam pela praça de pedágio estudada 251.451 veículos comerciais, sendo a maioria deles de 2, 3 e 6 eixos (59%, vide Figura 22). A média mensal de veículos contabilizados foi de 84.264 veículos, enquanto o VMD ficou em torno dos 2.794 veículos.

As maiores máximas diárias se concentraram no mês de março, período em que não há férias escolares e há uma intensificação da atividade econômica, e conseqüentemente do transporte de carga. Assim, conclui-se que o valor obtido de VDM de veículos comerciais (2.794 veículos) corresponde a 12% do total de veículos que passa pela praça de pedágio no município de Luz. Pode-se inferir, então, que um percentual relativamente baixo dos veículos que passam pelo pedágio em Luz, na BR-262, adentram na malha urbana de Bom Despacho para seguir destino a MG-164. É fato que, apesar do percentual ser baixo os impactos que esses veículos de maior porte exercem sobre a infraestrutura viária e na dinâmica urbana são extensos e onerosos para o poder público. Esses veículos são mais poluentes, ocasionam maiores vibrações e ruído na cidade, intensificam os congestionamentos, e solicitam o pavimento urbano para além de seu projeto fazendo com que ele se deteriore com menor tempo de uso.

Tabela 8. Volume de veículos comerciais por eixo (Elaborada com base nos dados de: ANTT, 2023).

Veículo comercial por eixo	Jan	Fev	Mar	Total por eixo	Média Mensal
2 eixos	15.145	14.183	16.987	46.315	15.438
3 eixos	15.502	14.482	17.026	47.010	15.670
4 eixos	12.968	12.259	14.375	39.602	13.201
5 eixos	7.422	6.755	7.818	21.995	7.332
6 eixos	18.034	17.061	19.822	54.917	18.306
7 eixos	7.375	7.043	7.658	22.076	7.359
9 eixos	6.794	5.754	6.988	19.536	6.512
Total Agregado	83.240	77.537	90.674	251.451	83.817

Tabela 9. Volume médio de veículos comerciais por eixo (Elaborada com base nos dados de: ANTT, 2023).

Categoria do Veículo Comercial	Jan	Fev	Mar	Total Geral
Veículo Comercial 2 eixos				
Volume total mensal	15.145	14.183	16.987	46.315
Média diária de Volume	505	473	566	1.544
Veículo Comercial 3 eixos				
Volume total mensal	15.502	14.482	17.026	47.010
Média diária de Volume	517	483	568	1.567
Veículo Comercial 4 eixos				
Volume total mensal	12.968	12.259	14.375	39.602
Média diária de Volume	432	409	479	1.320
Veículo Comercial 5 eixos				
Volume total mensal	7.422	6.755	7.818	21.995
Média diária de Volume	247	225	261	733
Veículo Comercial 6 eixos				
Volume total mensal	18.034	17.061	19.822	54.917
Média diária de Volume	601	569	661	1.831
Veículo Comercial 7 eixos				
Volume total mensal	7.375	7.043	7.658	22.076
Média diária de Volume	246	235	255	736
Veículo Comercial 9 eixos				
Volume total mensal	6.794	5.754	6.988	19.536
Média diária de Volume	226	192	233	651
Total Volume total mensal	83.240	77.537	90.674	251.451
Total Média diária de Volume	2.775	2.585	3.022	

A fim de confirmar a amplitude e a variabilidade de veículos comerciais que circulam pela rodovia BR-262 fez-se uma distribuição da amostra dividindo os dados categorizados por eixos em quartis, de forma que os gráficos e tabelas expressassem o volume de tráfego da rodovia. Por conseguinte, foi possível encontrar os valores diários máximos e os

mínimos de veículos que passam pelo pedágio e quais os tipos mais comuns. Os dados estão expressos nas Figura 24 e Figura 25 sucessivamente.

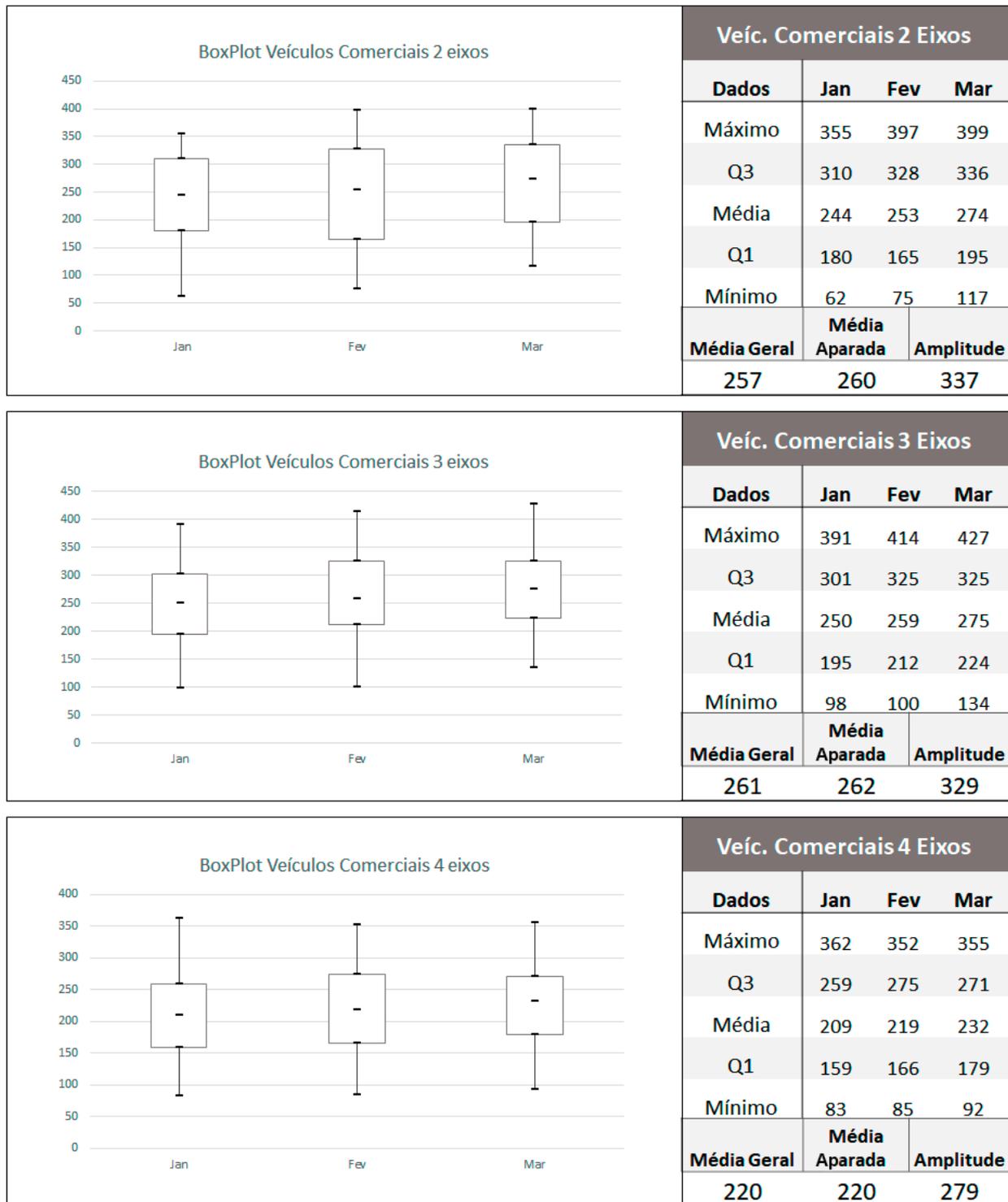


Figura 24. Dados Volumétricos de Veículos de 2, 3, e 4 eixos.

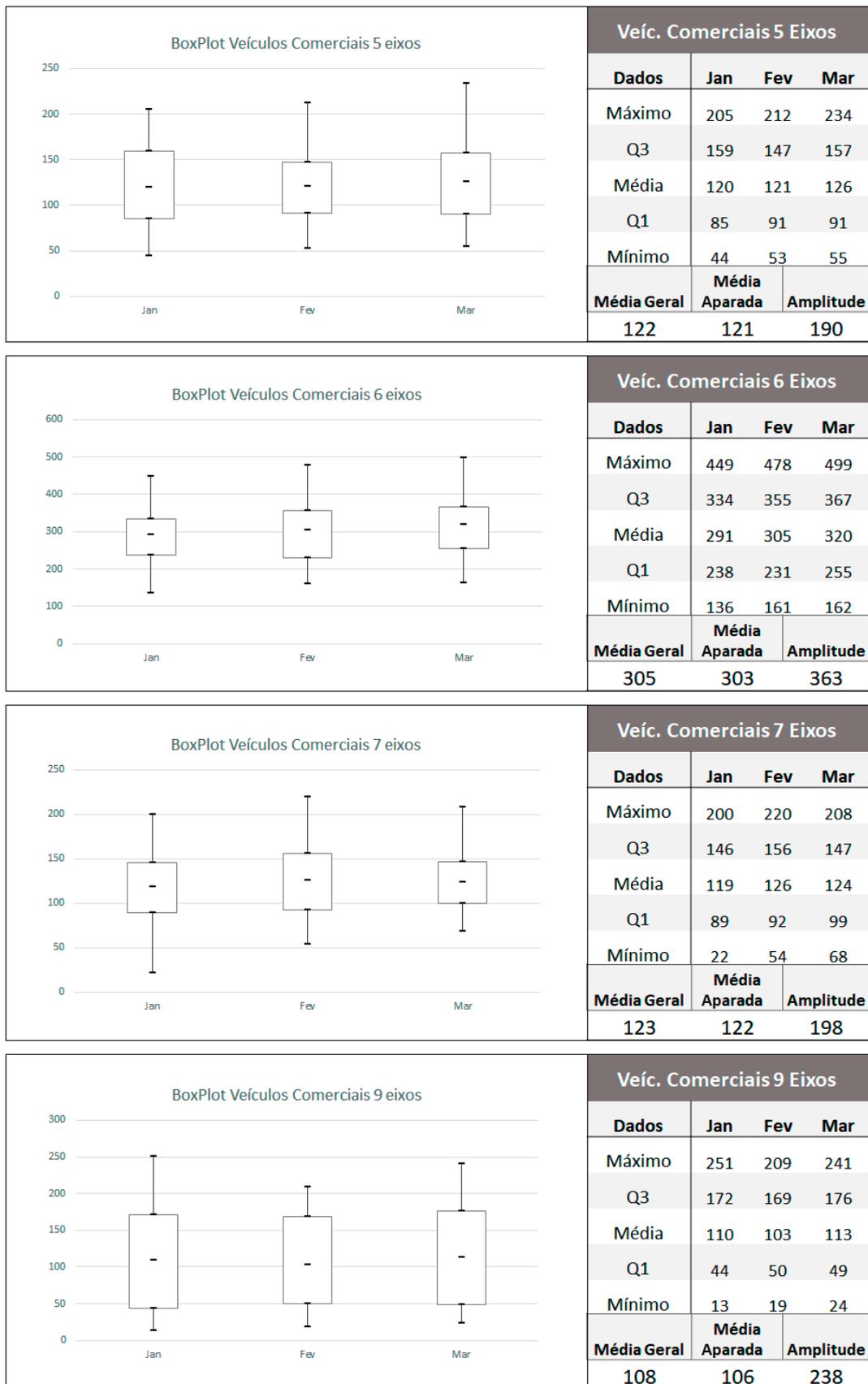


Figura 25. Dados Volumétricos de Veículos de 5, 6,7 e 9 eixos.

Os veículos comerciais de 2,3 e 4 eixos apresentam VMD semelhantes (de 220 a 260 veículos). Entretanto, veículos de 4 eixos possuem uma maior variação em relação a amplitude. Os veículos de 5,7 e 9 eixos foram os que apresentaram o menor VMD da amostra (entre 100 e 120 veículos). Já os veículos de 6 eixos, são os mais contabilizados na Praça de Pedágio 08, possuindo um VDM de 303 veículos. O mês de março foi o de maior volume de veículos comerciais passando pelo pedágio. Como já constatado para outros tipos de veículos essa tendência pode ser consequência do fim das férias e recessos do fim de ano.

A análise de cada tipo de veículo categorizado por eixos permitiu inferir um VMD total de caminhões passantes pela Praça de Pedágio 08 com maior acurácia. Ao realizar o somatório das médias paradas de todos os veículos comerciais obtém-se um VMD de 1.394 veículos, desconsiderando os períodos atípicos, de fluxo muito altos ou muito baixos.

5.2.1.1.3 Caracterização das motocicletas

O número de motos que passam pela Praça 08 foi o que menos sofreu variações. O fluxo de motos apresentou um movimento constante, sendo o modo de transporte rodoviário que menos sofre impacto de volume devido as sazonalidades. A exemplo, em fevereiro se obteve um aumento no volume de veículos de passeio por causa do carnaval, em março os veículos comerciais se destacaram por ser o primeiro mês após as festividades de final/início do ano e fim das férias. Em contrapartida o volume de motos sofreu poucas oscilações nestes períodos. A Tabela 10 informa os valores médios, máximos e mínimos registrados em um único dia do período.

Assim como nos veículos de passeio, o mês de fevereiro registrou a máxima de motos passantes pelo pedágio em 24 horas. A média diária de motos é de aproximadamente 30 veículos por dia. Ao considerar todo o trimestre, registrou-se um volume total de 5.430 motos em trânsito pelo pedágio. O mês de março foi o de maior volume, com 2.170 motos. Este volume pode ser explicado pela volta das atividades econômicas, uma característica já mencionada desse mês. Como as motos são veículos que exigem menos gastos com combustível, muitos trabalhadores as utilizam como meio de locomoção até o trabalho (OLIVEIRA et al., 2021). A dispersão da amostra pode ser observada na Figura 26.

Também foi observado uma menor amplitude amostral para as motocicletas. Através da Tabela 11 é possível perceber a homogeneidade da amostra. Para esta situação, o VMD é de 30 motocicletas/dia. Sendo assim, para os dois métodos de análise, se chegou ao mesmo valor de VMD.

Tabela 10. Volume médio, máximo e mínimo de motos

Dados	Jan	Fev	Mar
Máximo	41	61	50
Q3	30	35	39
Média	24	31	35
Q1	20	26	30
Mínimo	10	17	17

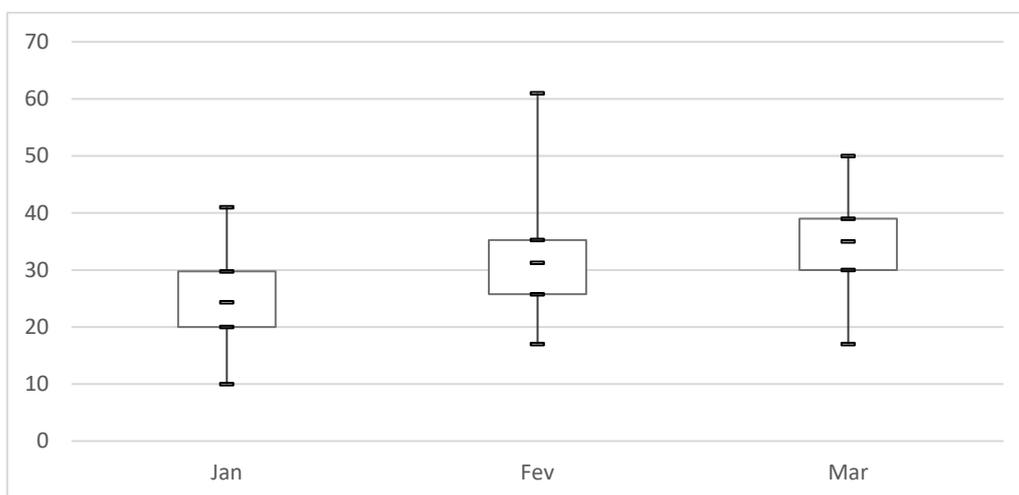


Figura 26. Gráfico *boxplot* da amostra motos

Tabela 11. Média geral, média aparada e amplitude de motos

Média Geral	Média Aparada	Amplitude
30	30	51

5.2.1.1.4 Caracterização do volume médio diário total

Após analisar os valores médios diários para cada categoria veicular individualmente foi possível estimar o VMD Total de veículos que passam pela Praça de Pedágio 08. Este valor serviu de parâmetro para comparar o volume veicular presente na principal rodovia que margeia o município de Bom Despacho com o volume veicular presente no interior na

mancha urbana. É importante ressaltar que uma parcela de ambos os volumes será incorporada ao tráfego transitante pelo anel viário. A Tabela 12 traz os valores de VMD categorizados e o VMD Total encontrado. Os valores escolhidos foram aqueles obtidos com a média aparada, em que se excluem os *outliers*. Como resultado, observa-se um volume diário médio de 6.027 veículos passando pela Praça de Pedágio 08. Este valor representa um fluxo médio de 251 veículos por hora.

Tabela 12. VMD por categoria e total

VMD Veíc. Passeio	VMD Veíc. Comercial	VMD Motos	VMD Total
1.647	2.794	30	6.027

5.2.2 Caracterização da circulação de veículos na MG-164

Para estimar o impacto que a implementação deste anel exerceria sobre o fluxo de veículos do município, verificou-se junto a Prefeitura o volume horário médio (VHM) de veículos que transitam pela MG-164, fazendo a migração vinda da BR-262 em uma região de grande ocupação de domicílios e posteriormente, comparou-se o HM urbano com o VMD encontrado na praça de pedágio mais próxima a região de implantação do anel. O trecho escolhido para contagem volumétrica e estimativa do VHM urbano foi a Rua Gabriel Tavares, por causa do número de veículos como consequência do trânsito interno da cidade e por absorver uma parcela do trânsito oriundo da rodovia BR-262. As informações levantadas pela contagem volumétrica estão dispostas na Figura 27. Esta via, está destacada na Figura 28.

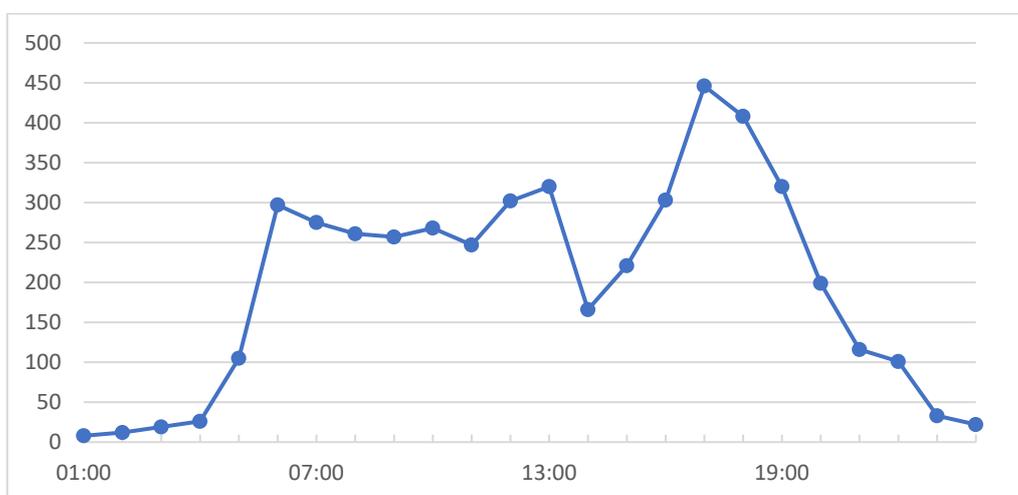


Figura 27. Variação Horária do Volume na Rua Gabriel Tavares

Tabela 13. Contagem Volumétrica Rua Gabriel Tavares (Fonte: Dados cedidos pela Prefeitura Municipal de Bom Despacho)

Período (Hrs)	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões	Motos	Bicicletas	TOTAL/HORA
01:00	6	0	0	2	0	8
02:00	8	0	2	2	0	12
03:00	9	0	9	1	4	19
04:00	17	1	3	5	0	26
05:00	78	4	11	12	3	105
06:00	195	15	24	63	13	297
07:00	196	2	22	55	1	275
08:00	188	2	28	43	1	261
09:00	176	1	37	43	2	257
10:00	175	1	30	62	1	268
11:00	194	1	23	29	6	247
12:00	155	2	33	112	1	302
13:00	223	2	34	61		320
14:00	125	1	16	24	1	166
15:00	148	2	25	46	1	221
16:00	208	3	21	71	5	303
17:00	293	8	27	118	7	446
18:00	279	4	17	108	5	408
19:00	224	2	21	73	2	320
20:00	124	1	15	59	6	199
21:00	78	0	8	30	0	116
22:00	68	2	5	26	0	101
23:00	18	0	3	12	0	33
00:00	12	1	7	2	0	22
TOTAL/DIA	3197	55	421	1059	59	4732

Fonte de dados: Dados cedidos pela Prefeitura de Bom Despacho

Em relação a variação diária do fluxo, as vias urbanas, em geral, apresentam uma variação bastante semelhante dos valores de volume nas 24 horas do dia. Desta forma, Barbosa (2014) e outros fazem algumas considerações importantes para que se possa estimar o VMD de uma via urbana:

- 70% do volume de tráfego diário ocorre no período de doze horas compreendido entre 7:00 e 19:00 horas;
- Volumes horários variam de 1 a 12% do volume diário;
- Volume horário médio representa 4,2% do diário;
- Valores de volume nas horas de pico são aproximadamente três vezes maiores que os volumes horários médios.

Ao obter essas considerações como parâmetro, para estipular o VHM de veículos da Rua Gabriel Tavares, foi considerada a janela horária de 07 da manhã até 19 horas da noite. Como resultado, a variação horária do volume é em média de **292** veículos. Por

comparação o VHV encontrado nesta via é 30% menor do que o VHV encontrado na Praça de Pedágio 08. Outro fato interessante é que o valor encontrado na hora de pico do fluxo de veículos na Rua Gabriel Tavares (446 veículos) é 44% maior ao VMH Médio encontrado na BR-262 (251 veículos). Em consequência dos valores obtidos, pode-se influir que o anel viário absorverá um fluxo veicular composto de veículos predominantemente de carga oriundos do trecho da MG-164 que passa no interior da malha viária e da BR-262 que é perpendicular aos limites inferiores da mancha urbana de Bom Despacho.

5.3 Impacto do anel viário para Bom Despacho

Nesta seção são abordados aspectos relacionados ao impacto que o novo anel viário exercerá sobre a região de implantação. Para realizar este estudo foi preciso fazer uma análise abrangente de parâmetros com as características geométricas da via, o impacto socioeconômico que a obra causará, o nível de ocupação domiciliar e a distribuição de renda no local. A compreensão desses fatores é crucial para avaliar os efeitos potenciais da instalação do anel, de modo que, haja a garantia de que o projeto irá atender às necessidades e expectativas da população afetada.

5.3.1 Características Geométricas

O projeto de implantação do novo anel rodoviário foi desenvolvido pela empresa “Objetiva Projetos e Serviços” em parceria com a Prefeitura Municipal de Bom Despacho. O projeto geométrico foi elaborado de modo que o traçado se adequasse a topografia local, baseado em dados do levantamento topográfico, para a implantação do projeto de infraestrutura. A Tabela 14, sintetiza informações sobre as características geométricas (planimétricas e altimétricas) da via a ser implementada.

Tabela 14. Características planimétricas e altimétricas (Fonte: Objetiva Projetos e Serviços, 2022)

Via	Anel Rodoviário	Comprimento (m)	15.742,95	Raio Máximo (m)	1000,00
Estaca Inicial	Est 0+0,00	Largura da Pista de Rolamento (m)	8,00	Rampa Mínima (%)	0,44
Estaca Final	Est 787+2,95	Raio Mínimo (m)	50,00	Rampa Máxima (%)	20,08

O anel viário possuirá aproximadamente 15,7 Km de extensão, em sentido bidirecional, tendo início em um trecho adjacente a rodovia BR-262 e fim na rodovia MG-

164. No eixo central entre os pontos inicial e final será possível acessar o centro urbano de Bom Despacho, fazendo a conexão da malha viária perimetral existente e estradas pertencentes a zona rural da cidade. O objetivo principal da obra é diminuir o fluxo de veículos pesados que passam pelo interior da malha urbana do município e diminuir congestionamentos em vias estratégicas para o contínuo fluxo urbano (PREFEITURA MUNICIPAL DE BOM DESPACHO, 2022). A Figura 28 ilustra o traçado de projeto para implementação do anel viário, assim como, os pontos de interseção com a BR-262, MG-164 e a mancha urbana de Bom Despacho.

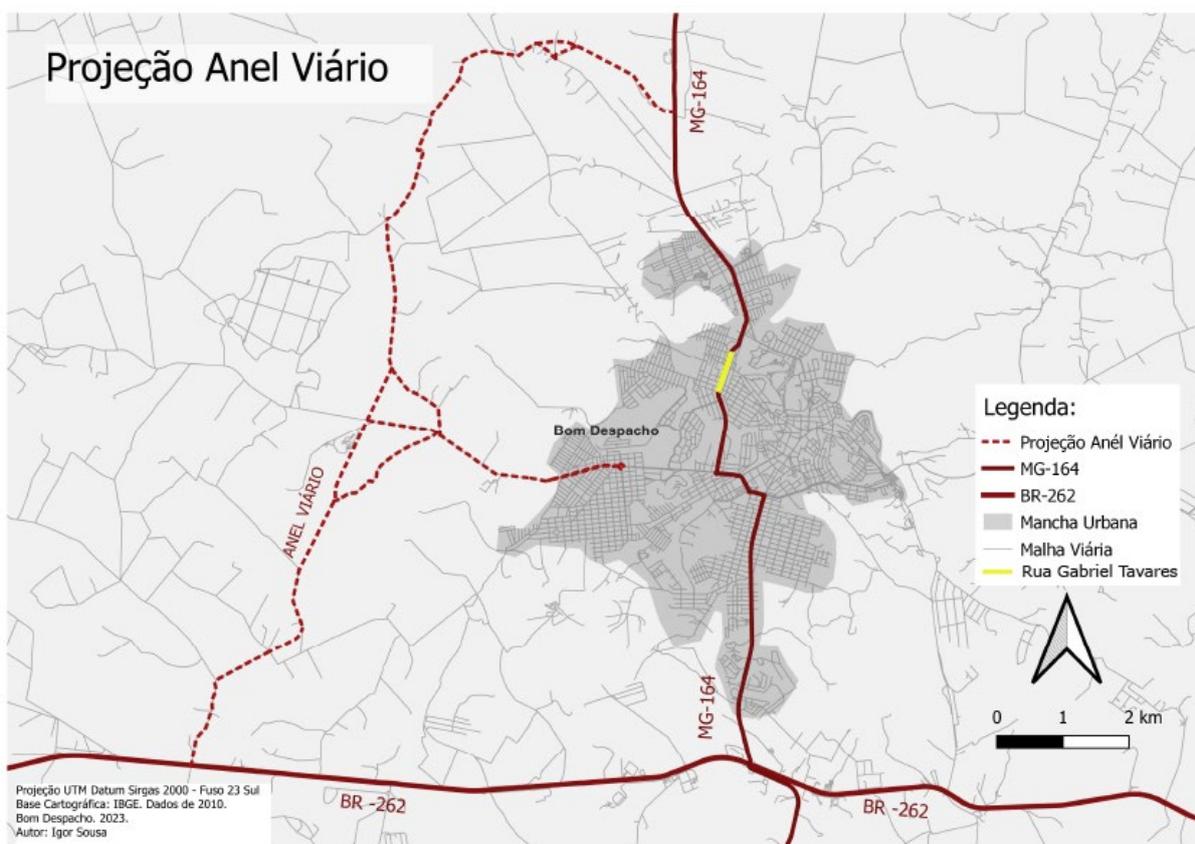


Figura 28. Mapa de Projeção do Anel Viário

De acordo com o memorial descritivo do projeto, as seções-tipo (Figura 29) foram definidas para oferecer uma melhor acomodação do usuário em uma largura confortável para faixa de rolamento e uma inclinação transversal ideal para escoamento da água pluvial para os dispositivos de drenagem superficial (Objetiva, 2022).

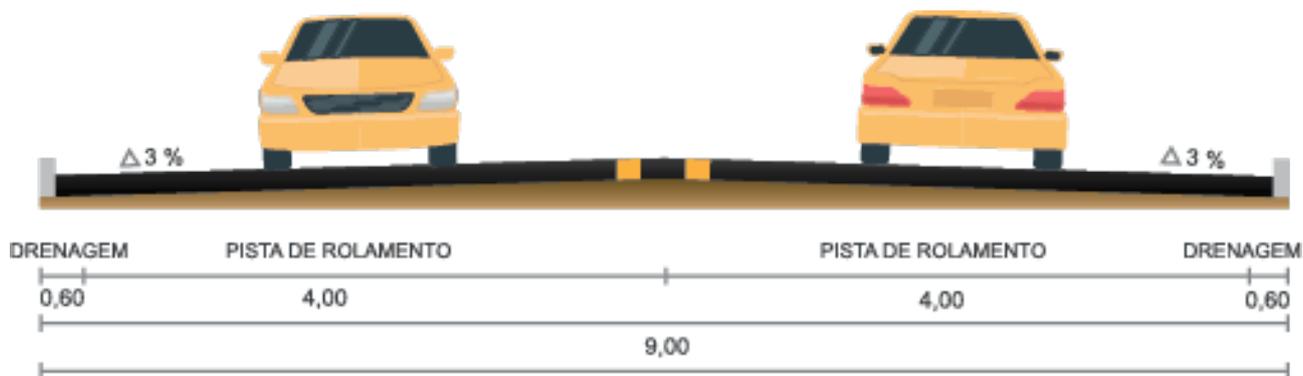


Figura 29. Seção Tipo do Anel Viário. Fonte: Objetiva.2022

5.3.2 Impacto socioeconômico do anel viário

A análise das características socioeconômicas do entorno da região de implantação do anel viário tem como objetivo fornecer informações valiosas sobre o perfil da população, suas necessidades e como a infraestrutura concebida em projeto pode impactar a comunidade local. Para este estudo, considerou-se aspectos como taxa de ocupação de domicílios, renda e o tipo de uso do solo. A fim de delimitar a área de impacto foi feito um *buffer* com abrangência de 1km a partir do eixo da via a ser implantada e a partir daí foi possível realizar a interpretação dos dados.

A Figura 30 dispõe sobre o número de domicílios presentes na área sobreposta ao *buffer* de impacto do anel viário. Através deste mapa é possível identificar a densidade populacional da região e a ocupação de domicílios. Isso ajuda a determinar o impacto que a construção do anel viário terá sobre a infraestrutura dos bairros afetados, bem como a possível necessidade de realocação de famílias ou a demanda por novos serviços. De acordo com o mapa, a região impactada pelo anel viário possui uma concentração de domicílios acentuada quando adentra na malha urbana. A região é composta por quatro bairros principais: Aeroporto, São Vicente, Santa Marta e JK. Esta área tem como característica ser bem habitada, mais afastada do centro comercial da cidade, possuindo uma infraestrutura precarizada e uma rede de serviços própria: como bancos, serviços de saúde, padarias e supermercados. Assim, a inserção deste anel viário proporciona não só a redução de veículos de carga na mancha urbana do município, mas também oferece maior mobilidade e acesso às oportunidades para os moradores destes bairros.

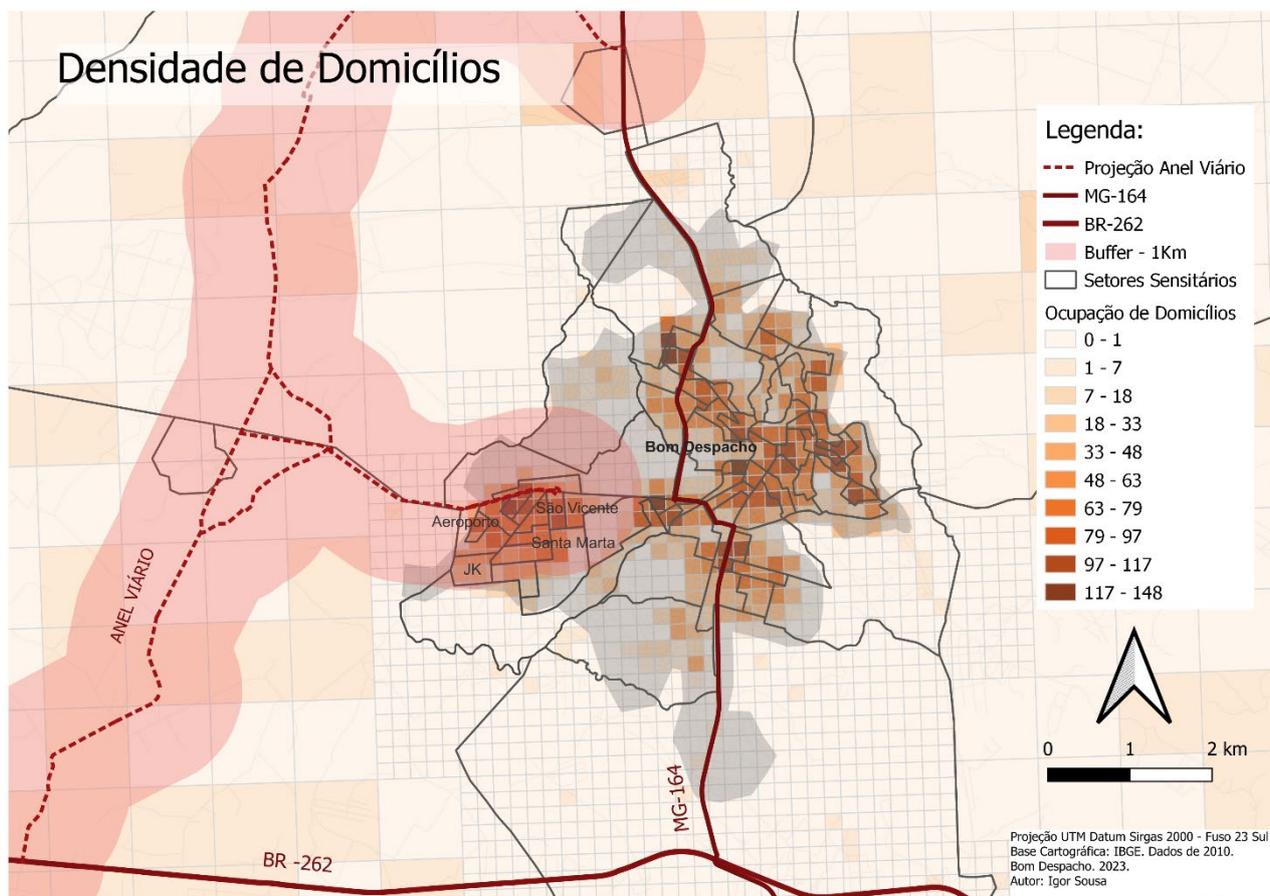


Figura 30. Densidade de domicílios em Bom Despacho

A Figura 31 fornece informações sobre distribuição de renda por domicílio. A partir desse tipo de análise é possível inferir características e padrões relacionados à distribuição de renda. A área central do município exerce uma maior concentração de renda. Isso se deve em partes pelo volume de trocas comerciais presente na região e por uma pequena parcela da população, moradores dessa região, ser detentora de mais recursos econômicos do que a média municipal. Esta concentração também está relacionada a facilidade de acesso a serviços básicos, infraestrutura e saúde.

A área impactada pelo anel viário contrasta com a realidade de concentração encontrada no centro, apresentando uma renda menor. Áreas com baixa renda podem apresentar uma infraestrutura urbana precária, falta de investimento e carência de serviços públicos, como também, dificuldade de acesso aos serviços oferecidos na área central. Ao considerar este aspecto, a construção do anel viário pode contribuir para o incremento no volume dos veículos passantes pela área. Em consequência, ocorre o aumento da

demanda de serviços e intensificação das relações comerciais. Além disso, este setor é caracterizado como uma área de expansão urbana e existe um movimento do poder público para incentivar investimentos industriais na região. No futuro, isso pode gerar empregos e estimular ainda mais o desenvolvimento econômico. Por outro lado, a presença de uma via de acesso importante pode aumentar o valor dos imóveis na área circundante. Este aumento pode resultar em gentrificação e pressão sobre os moradores que possuem baixa renda, levando a um possível deslocamento da população local.

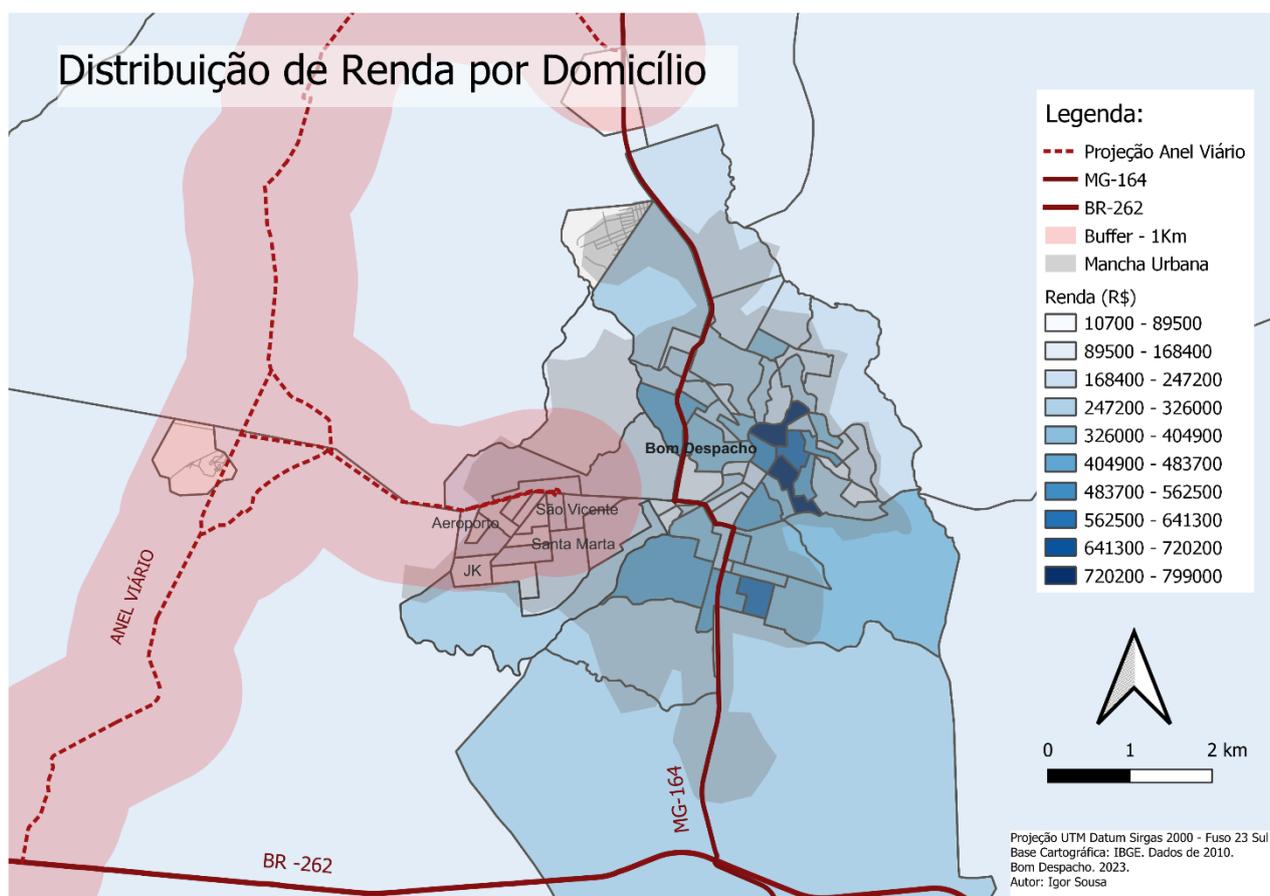


Figura 31. Distribuição de renda por domicílio em Bom Despacho

A Figura 32, expõe informações sobre o uso do solo. A partir da interpretação do mapa é possível perceber uma delimitação entre a mancha urbana e a área rural. O traçado geométrico do anel viário incide predominantemente sobre a área rural, de modo que, utiliza da estrutura de estradas rurais já existentes na região. Um curto trecho do anel passa pela mancha urbana. Além disso, observa-se a existência de um perfil industrial na região sobreposta pelo *buffer*. No mapa são destacadas atividades industriais e econômicas como

uma fábrica de tintas, uma siderúrgica, um centro de distribuição de grãos e o aeroporto da cidade. Com isto, o anel viário facilitará o escoamento da produção, assim como o acesso de matéria-prima, podendo ser este um fator atrativo para novos negócios, aquecendo a economia do município. Ademais, é possível identificar atividades agrícolas, outra característica desta região. Uma possível alteração no padrão de uso do solo leva ao aumento do fluxo de veículos na região considerada rural. Esta região é rica em biodiversidade animal e a ocorrência de atropelamentos e acidentes envolvendo a fauna local deve ser considerada.

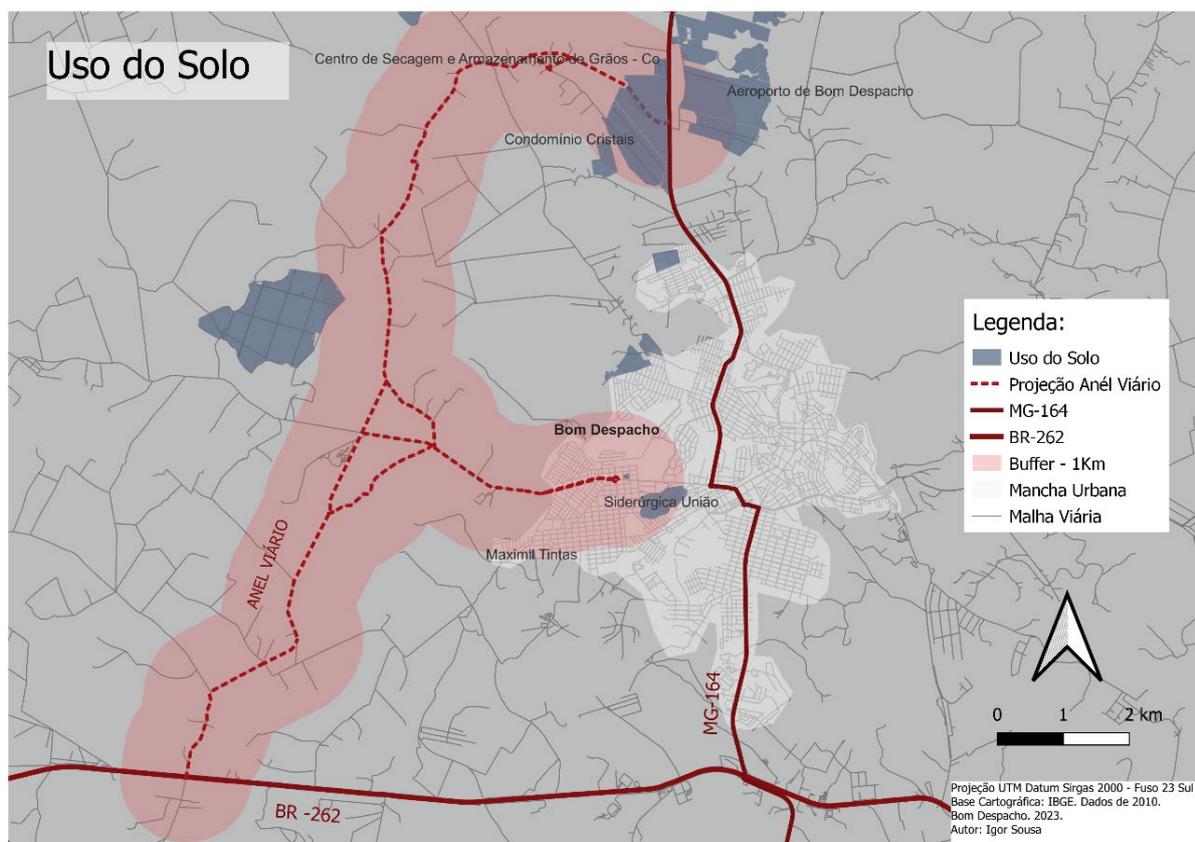


Figura 32. Uso do solo em Bom Despacho

5.3.3 Impactos para o município de Bom Despacho resultantes da implantação do anel viário

Após a tabulação e análise dos dados disponibilizados pela ANTT foi projetado o VMD para a BR-262 de 1.650 veículos de passeio, 1.394 veículos comerciais e 30 motocicletas. Os automóveis (2 eixos) são o tipo de veículos mais utilizados para viagens

entres cidades e dentre os veículos comerciais, os de 2,3 e 6 eixos são os mais comuns. É importante ressaltar que os veículos de 2,3 e 6 eixos exercem diferentes impactos nas rodovias devido às suas características de peso, distribuição de peso e tamanho. Os veículos de 2 eixos, similares aos automóveis de passeio e motocicletas, têm um impacto relativamente baixo nas rodovias. Eles são projetados para atender às regulamentações de peso e tamanho estabelecidas pelas autoridades de trânsito. Geralmente, não causam grandes danos às rodovias, desde que não excedam as cargas máximas permitidas e não transitem em condições que possam danificar a estrutura da estrada. Já os veículos de 3 eixos, como caminhões e ônibus, causam um impacto maior nas rodovias quando comparados aos veículos de 2 eixos. Quando totalmente carregados, esses veículos podem exercer uma pressão significativa sobre a superfície da estrada, causando desgaste e danos às camadas asfálticas.

Como resultado, as rodovias precisam ser projetadas e construídas para suportar a carga e as tensões geradas por essa demanda viária. Dados os fatos, os veículos de 6 eixos são os principais agentes causadores de impacto nas vias. Caminhões e carretas representam os principais modelos de transporte de cargas do país. Esses veículos têm capacidade para transportar cargas substanciais, resultando em um peso total significativo. Eles também têm uma distribuição de carga mais ampla, o que pode causar maior pressão sobre a superfície da estrada em comparação com veículos de 3 eixos. Em síntese, para garantir a segurança e a durabilidade das rodovias são necessárias estruturas mais robustas, de acordo com normas e estudos técnicos que auxiliam no dimensionamento adequado para que a vias suportem esses veículos de maior porte.

Em síntese, a implantação do novo anel viário exercerá impactos socioeconômicos importantes na região de entorno. As análises mostram que ele afeta uma área majoritariamente rural e uma população de menor renda localizada nas franjas da cidade. O estudo mostra também que a construção traz benefícios como o aumento da acessibilidade, mobilidade, geração de empregos e aquecimento econômico. Contudo, há preocupações com questões como gentrificação, desapropriação de moradores de baixa renda e impactos ambientais. Sendo assim, essa implementação exige um planejamento cuidadoso, havendo o diálogo com as comunidades afetadas e adoção de medidas de mitigação para maximizar benefícios e minimizar danos socioambientais.

5.4 Modelo Conceitual

Um modelo conceitual foi elaborado com o intuito de elencar os componentes relacionados a aspectos técnicos da arquitetura de comunicação e monitoramento. Os aspectos contemplados são os dados de entrada, a infraestrutura, os parâmetros, os dados de saída e alertas gerados. Este modelo expresso na forma de uma matriz, como ilustra a Figura 33, foi inspirado no modelo encontrado no Departamento de Tráfego da União Europeia (EU - ICIP GUIDE, 2022). Optou-se por mecanismos condizentes com o tamanho, características geográficas e tipo de infraestrutura do anel viário, assim como, o perfil socioeconômico do município de Bom Despacho. Em seguida, cada componente presente na arquitetura é descrito de forma detalhada a fim de facilitar sua implementação.

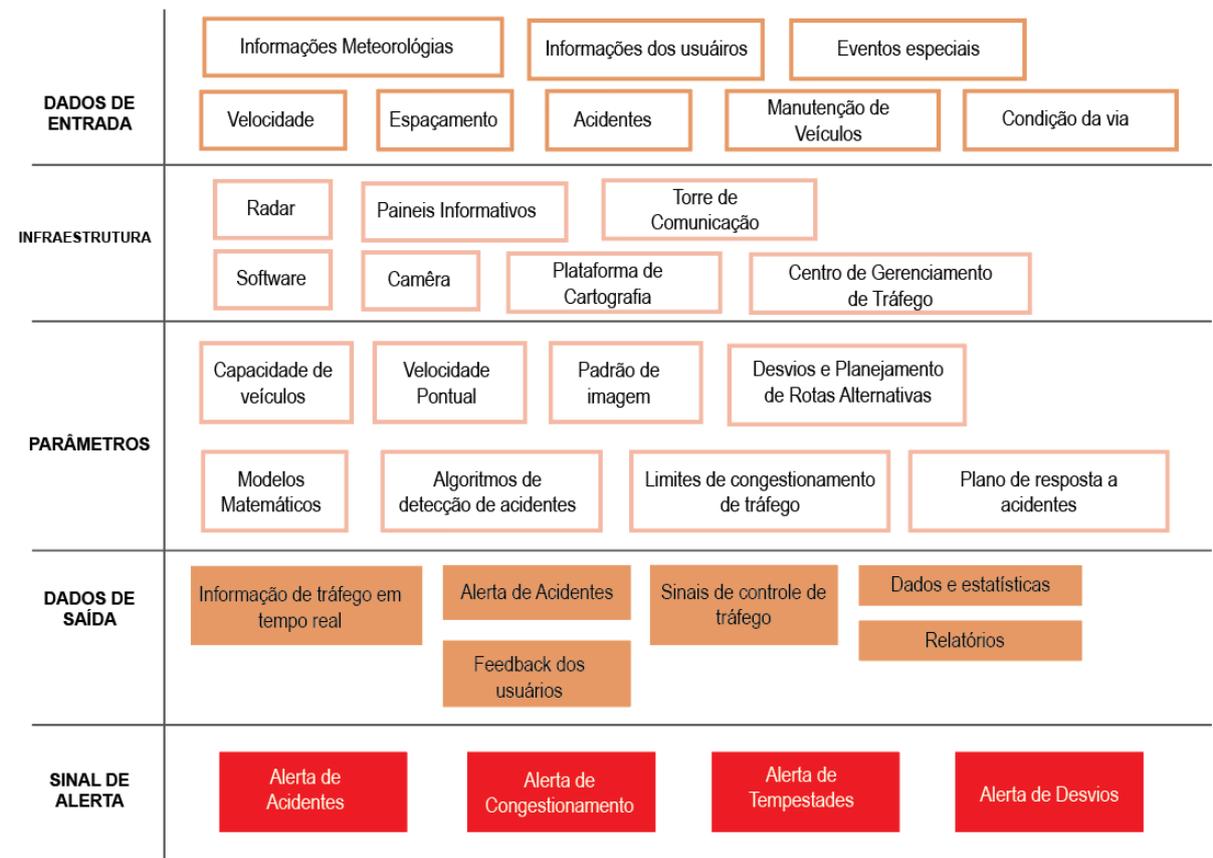


Figura 33. Modelo conceitual de implementação de ITS.

a) Dados de Entrada:

- **Dados de Tráfego:** Dados em tempo real coletados dos sensores, incluindo a velocidade dos veículos, volume e o espaçamento entre eles.

- **Informações Meteorológicas:** Condições climáticas atuais (alerta de tempestades, incidência de raios, granizo, incêndios) para auxiliar a adaptar as estratégias de gerenciamento do tráfego de acordo com a condição.
- **Relatório de Acidentes:** Informações sobre acidentes, obstrução de vias e outros tipos de eventos que podem comprometer o fluxo de veículos.
- **Eventos Especiais:** Dados sobre eventos já planejados que podem impactar o tráfego na região do anel viário.
- **Dados dos usuários:** Informações enviadas pelos usuários da via como preferência de rotas e informações de viagem.

b) Infraestrutura:

- **Sensores de Tráfego:** Múltiplos sensores (radares, câmeras, torres meteorológicas) alocados ao longo do anel viário para coletar dados em tempo real.
- **Plataformas de cartografia:** Utilização de plataformas como o *Google Maps* ou o *Open Street Maps* para obter atualizações da área de entorno e auxiliar nas tomadas de decisões.
- **Painéis Informativos:** Painéis de *led* localizados em pontos estratégicos da via para informar os condutores em tempo real sobre as condições de tráfego.
- **Centro de Gerenciamento de Tráfego:** Base de monitoramento centralizada capaz de coletar e analisar os dados gerados pelos sensores e gerenciar as operações de ITS. O centro também é responsável pela comunicação aos órgãos competentes caso ocorra algum evento que prejudique o fluxo viário.

c) Parâmetros Utilizados:

- **Modelos de Fluxo de Tráfego:** Modelos matemáticos que descrevem a movimentação de veículos no anel viário. Estes modelos ajudam na predição de congestionamento e na identificação de gargalos. No trecho que compreende a malha urbana podendo ser utilizado o modelo de Webster Cobe (WEBSTER; COBBE, 1996). No trecho de maior velocidade, que compreende a área rural do município o modelo recomendado é o HCM (Manual de capacidade viária dos EUA) em sua versão mais recente atualizada para o contexto brasileiro (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2016).

- **Algoritmos de detecção de acidentes:** Algoritmos que analisam os dados de tráfego e detectam acidentes na via. A implementação desses algoritmos é feita a partir da identificação da base de dados disponíveis de cada cidade.
- **Desvio e planejamento de rotas alternativas:** Recomendação de rotas alternativas para os motoristas durante períodos de congestionamento e interdição por acidentes.
- **Limites de congestionamento de tráfego:** Valores limites que definem níveis de congestionamento para que sejam tomadas respostas imediatas.
- **Plano de resposta a acidentes:** Planos predefinidos para lidar com diversos tipos de acidentes e fazer a limpeza da via de modo rápido e eficiente.

Dados de Saída:

- **Informações de tráfego em tempo real:** Informações exibidas nos painéis informativos, aplicativos e plataformas para informar os usuários sobre as condições de tráfego, tempo estimado de viagem e rotas alternativas.
- **Alerta de Acidentes:** Notificações enviadas pelo Centro de Gerenciamento de Tráfego e serviços de emergências para responder prontamente caso aconteça qualquer acidente.
- **Sinais de controle de tráfego:** Sinais ajustados com base em dados de tráfego em tempo real para otimizar o fluxo e reduzir congestionamentos.
- **Estatísticas de tráfego e relatórios:** Análise de dados e produção de relatórios sobre padrões do tráfego local, tendências de congestionamento e estatísticas de incidentes. Estes dados podem ser usados como diretrizes para tomada de decisões e planejamento de melhorias futuras.
- **Feedback dos usuários:** Informações e recomendações obtidas pelos usuários por meio de aplicativos de navegação ou sistemas integrados aos veículos que auxiliam os gestores a tomarem decisões a partir das informações coletadas.

Todos estes componentes descritos no modelo conceitual de implementação da arquitetura de comunicação e monitoramento fazem parte do sistema inteligente de transportes e são passíveis de serem aplicados no anel viário de Bom Despacho. Ao se fazer uso dessas tecnologias, o sistema viário do município é aprimorado, otimizando sua eficiência de tráfego e segurança ao mesmo tempo que minimiza impactos negativos na região adjacente a nova via. Com o objetivo de instruir sobre a implantação da arquitetura

de comunicação e monitoramento, traçou-se um plano de execução e instalação dos componentes descritos no modelo. Desta forma é possível assegurar a aplicação seja executada do modo correto assegurando sua efetividade.

5.5 Diretrizes para implantação do ITS

A utilização de ITS é uma abordagem moderna no gerenciamento do fluxo viário aumentando a segurança da via (SINHA et. al, 2017). Para sua implementação é preciso que haja a integração de tecnologias avançadas que possibilitem o monitoramento de tráfego e emissão de alertas. Em relação a essas tecnologias, destacam-se o uso de sensores de trânsito (radares e câmeras), painéis de *led* informativos e um centro de controle e gerenciamento dos dados.

Para que toda a infraestrutura funcione adequadamente é preciso que ocorra a implementação de uma rede, ou seja, um código de programação que automatize e faça a integração entre os componentes. Este sistema pode ser criado utilizando a linguagem de programação Python v. 3.10 e o *framework* de desenvolvimento *web* Django v. 4.0, que facilita o desenvolvimento por cuidar de questões técnicas, permitindo que o desenvolvedor se concentre em escrever sua aplicação. O Django utiliza uma arquitetura chamada *Model View Template* que é muito semelhante com o padrão "*Model View Controller*". A Camada *Model* é responsável pelo mapeamento do banco de dados gerado pelos sensores de tráfego. A *View* recebe a requisição *web* e retorna uma resposta. Enquanto a camada *Template* exibe informações para o usuário da aplicação, em geral em algum aplicativo. A *framework* traz diversos recursos prontos, como função para criar formulários para receber *feedbacks* de usuários, painel de administração e emissão de alertas, assim como diversas ferramentas relacionadas à segurança. A fim de minimizar despesas e utilizar de um conhecimento especializado para desenvolvimento do sistema o município pode fazer parcerias com entidades ligadas a educação e tecnologia, por exemplo, universidades e centros de pesquisa.

No que diz respeito aos aparatos físicos, é importante instalar os sensores de tráfegos de modo estratégico em pontos críticos da via, incluindo cruzamentos, áreas de maior velocidade e gargalos de tráfego. Quanto ao tipo de sensor utilizar, para essa aplicação recomenda-se quatro radares com câmeras posicionados ao longo do eixo do anel viário com espaçamento médio de 03 a 04 quilômetros entre eles ou próximo a locais

de conflitos, sendo este último parâmetro o preferencial. Além desses quatro radares, é necessário que sejam inseridos mais 2 radares no acesso a área urbana do município para que o volume de entrada e saída de veículos possa ser contabilizado. É importante ressaltar que tais radares e câmeras possuem o intuito de serem instrumentos de monitoramento que auxiliam na gestão da infraestrutura, ou seja, seu objetivo não é emitir multas a infratores.

Outro equipamento que deve ser alocado de forma planejada são os painéis informativos. Eles são responsáveis pela transmissão de informações relevantes aos motoristas, permitindo que eles tomem decisões assertivas. Neste projeto, é proposto a alocação de dois painéis informativos, estando um localizado no trecho que se inicia na BR-262 e vai até o acesso a malha urbana e outro no sentido oposto, no eixo que se inicia na MG-164 e tem fim no acesso a malha urbana. Deste modo, motoristas que trafegam em ambos os sentidos poderão ser informados caso ocorra algum incidente no anel viário.

Em relação ao Centro de Gerenciamento de Tráfego (CGT), é indicado que ele seja instituído em uma área que já tenha uma infraestrutura adequada para recebê-lo. Ao observar onde se encontram os principais órgãos de gestão e monitoramento de Bom Despacho atualmente, o melhor lugar para a instauração deste centro de controle é junto da secretaria de transportes e planejamento do município. O fato é que além da secretária de transportes, todo o setor administrativo da cidade está alocado nessa região e já possui uma base de serviços existente. Dessa forma o CGT pode coordenar serviços de emergência para lidar com acidentes de forma rápida, minimizando interrupções e melhorando a segurança. Como também, emitindo alertas e informações para os painéis informativos com dinamismo, o que reduz drasticamente o nível de congestionamentos. A alocação esquemática destes elementos de infraestrutura está ilustrada na Figura 34, adiante.

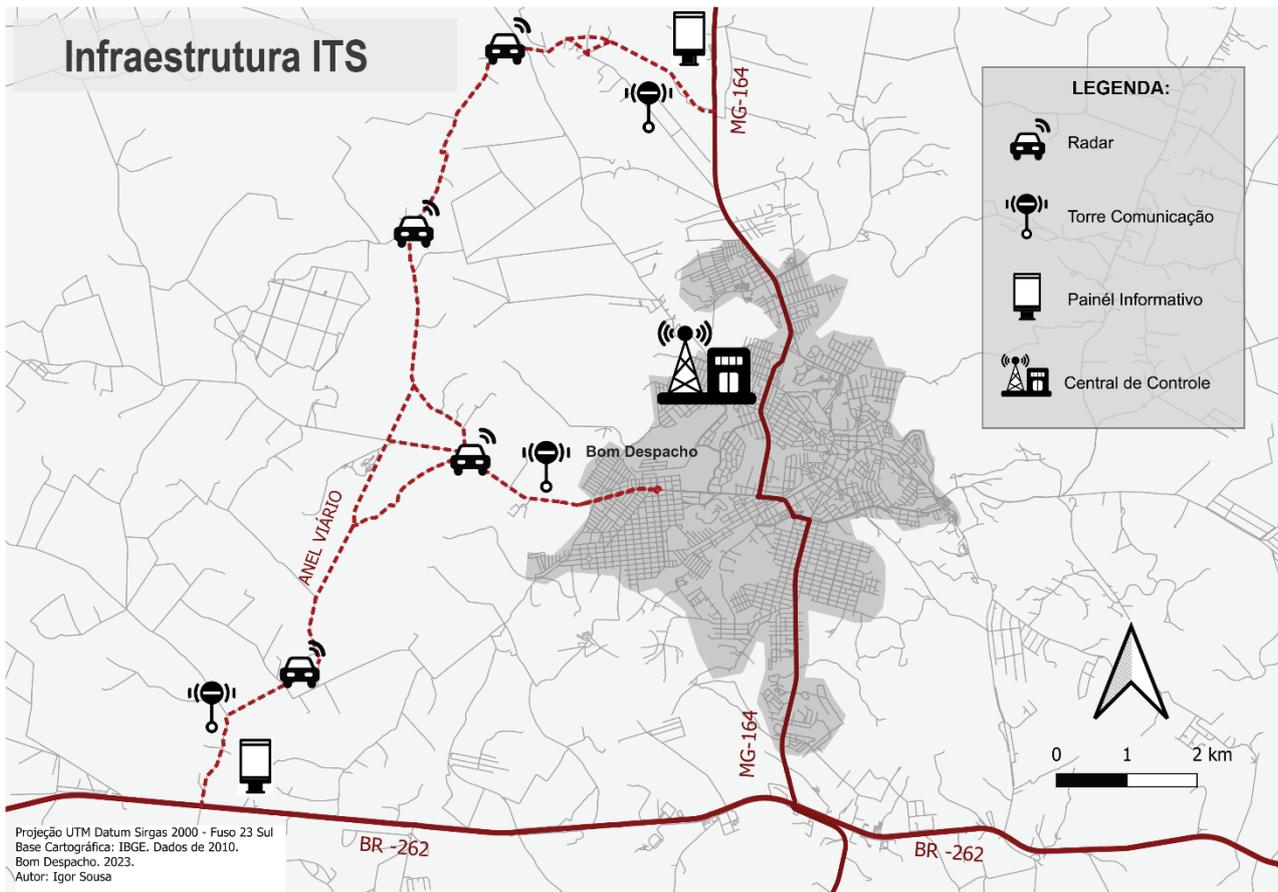


Figura 34. Alocação esquemática de elementos de infraestrutura

A implantação da infraestrutura para aplicação de ITS melhora significativamente o gerenciamento do tráfego. A principal vantagem deste modelo é a velocidade da informação, incremento da segurança e a obtenção de dados para tomada de decisões. Ao seguir as diretrizes estipuladas, a cidade de Bom Despacho e seus gestores podem criar um sistema totalmente integrado e eficiente que seja capaz de beneficiar tanto os usuários do novo anel viário quanto a comunidade de modo geral.

6 CONCLUSÃO

O objetivo geral desse trabalho foi propor elementos para um modelo conceitual para uma arquitetura de comunicação e monitoramento que utilize de aplicações de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), permitindo a otimização do fluxo viário e o incremento econômico. Nesse sentido, foi realizado um diagnóstico do perfil socioeconômico do município, como também, da região de entorno do projeto. Além do diagnóstico, foi feito um estudo para estipular o Volume Médio Diário (VMD) de veículos que transitam pela rodovia BR-262, adjacente a mancha urbana do município, e pela rua Gabriel Tavares, trecho que tem como característica a absorção do tráfego oriundo da BR-262 em sentido a MG-164, outra via de grande importância econômica para a área de estudo. Uma limitação observada no trabalho, foi a contagem volumétrica que pode estar enviesada, pois a ANTT não disponibiliza informações sobre o dia exato da contagem e o tipo de eixo dos veículos contabilizados.

O estudo socioeconômico mostrou que de modo geral, em relação a renda e aspectos ligados a qualidade de vida, Bom Despacho/MG apresenta resultados superiores à média do estado e do país. Ainda assim, em um enfoque na região onde o novo anel viário será implantado observa-se impactos relevantes. As análises constaram que o anel incide sobre uma área majoritariamente rural e afeta uma população de menor renda, alocadas em habitações localizadas as margens da mancha urbana do município. Em relação aos benefícios gerados pela estrutura, destacam-se o aumento da acessibilidade, mobilidade, geração de empregos e aquecimento econômico. Em contrapartida, a implementação do anel viário pode causar gentrificação, desapropriação de moradores de baixa renda e danos a fauna e flora local.

O ensaio de contagem volumétrica foi produzido com o intuito de estimar o Volume Médio Diário (VMD) de veículos que trafegam pela região. Em primeira análise, os dados são pertencentes aos dispositivos de contagem da praça de pedágio 08, localizada na cidade de Luz, que faz fronteira com o município. A partir de análises constata-se que em média, diariamente, transitam pela praça 1.650 veículos de passeio, 2.794 veículos comerciais e 30 motos. Em seguida, utilizando dados disponibilizados pela prefeitura, foi possível obter o VMD de veículos que passam pela rua Gabriel Tavares, compondo

veículos que também trafegam pela BR-262 e veículos de circulação interna da malha viária de Bom Despacho. O valor de VMD encontrado foi de 4.732 veículos, com uma variação horária de volume de 292 veículos por hora.

Diante de informações qualitativas e quantitativas obtidas através dos estudos citados, foi possível propor um modelo conceitual de formato matricial que contemple os elementos necessários para a implementação da arquitetura de controle e monitoramento do anel viário. Estes elementos foram divididos em: (i) dados de entrada; (ii) infraestrutura, (iii) parâmetros, (iv) dados de saída, e (v) sinal de alerta. Após o levantamento dos dados de entrada necessários, como por exemplo: informações meteorológicas, velocidade, espaçamento dos veículos e número de acidentes – são identificados os mecanismos de infraestrutura necessários para sua coleta como câmeras e radares para estipular parâmetros de análise e obter dados de saída como informações de tráfego em tempo real e alerta de acidentes.

A modelagem conceitual estabelecida atendeu aos requisitos de proposição de arquitetura de comunicação e monitoramento. Através dela, independente de plataformas de *hardware* e *software*, foi possível representar de maneira abstrata, formal e não ambígua, a realidade da aplicação, facilitando a comunicação entre projetistas e usuários que possam vir a executá-la em momento futuro. Portanto, o estudo conseguiu descrever e comunicar de forma clara e compreensível as principais características, funcionalidades e relações existentes entre os elementos do projeto, atingindo as proposições realizadas.

Por fim, é importante ressaltar que o modelo conceitual apresentado emerge como uma estrutura valiosa para orientar e moldar futuros esforços de implementação dessas tecnologias. Esse modelo oferece um conjunto sólido de diretrizes e princípios que podem ser adaptados e ampliados para abordar de forma eficaz os desafios de instalação de um sistema de comunicação e monitoramento e sua integração com a infraestrutura urbana. Sendo assim, os trabalhos futuros podem explorar o uso de tecnologias avançadas de sensoriamento, comunicação e análise de dados, visando não apenas à gestão do tráfego, mas também à avaliação contínua dos impactos socioeconômicos, ambientais e de mobilidade.

REFERÊNCIAS

ALAWADHI, Suha et al. Building understanding of smart city initiatives. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, v. 7443 LNCS, p. 40–53, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-33489-4_4>. Acesso em: 3 ago. 2023.

ANDRADE, Thompson Almeida; SERRA, Rodrigo Valente. *Cidades médias brasileiras*. www.ipea.gov.br, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3081>>. Acesso em: 3 ago. 2023.

ANTT. Rodovias - Temas - Portal de Dados Abertos ANTT. Disponível em: <<https://dados.antt.gov.br/group/rodovias>>. Acesso em: 3 ago. 2023.

ATLAS BRASIL. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.

BAUER, Izabella. *Modelagem da Informação para Cidades Inteligentes*. 2019. 1–67 f. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

BRINCO, Ricardo. Transporte Urbano e Dependência do Automóvel. *Documentos FEE*, v. n. 65, 2006.

BUENO AMORIM FILHO, Oswaldo; IRINEU RANGEL RIGOTTI, José; CAMPOS, Jarvis. Os níveis hierárquicos das cidades médias de. . [S.l: s.n.], 2007.

COBLI BLOG. Tipos de eixo: simples, duplo, triplo e como interfere no pedágio. Disponível em: <<https://www.cobli.co/blog/tipos-de-eixo/>>. Acesso em: 4 ago. 2023.

COMPETENCE. INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS. . [S.l: s.n.], 2006.

CORELLANO, F. P. El ciclo del agua y la reconversión del paisaje periurbano en las ciudad de la red C-6. La ciudad dispersa - Suburbanización y nuevas periferias. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, p. 111–142, 1998.

EU - ICIP GUIDE. ITS Communication & Information Protocols.

GRISOLÍA, José M.; LÓPEZ, Francisco; DE DIOS ORTÚZAR, Juan. Burying the Highway: The Social Valuation of Community Severance and Amenity. <http://dx.doi.org/10.1080/15568318.2013.769038>, v. 9, n. 4, p. 298–309, 19 maio 2014. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15568318.2013.769038>>. Acesso em: 4 ago. 2023.

HALL, Peter. *Cities of Tomorrow: An Intellectual History of Urban Planning and Design Since 1880*. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=79EsAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR12&dq=peter+hall+cities+tomorrow&ots=hLbX0fj8sC&sig=e5nOQ5dXMtdvIvFE6vjZlp_CHSI#v=onepage&q=peter%20hall%20cities%20tomorrow&f=false>. Acesso em: 4 ago. 2023.

- IBGE. IBGE | Censo 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 3 ago. 2023.
- LEFEBVRE, Henri. O direito à cidade. [S.l.]: Centauro Editora, 1969.
- LISBOA FILHO, Jugurta; IOCHPE, Cirano. Um Estudo sobre Modelos Conceituais de Dados para Projeto de Bancos de Dados Geográficos PALAVRAS-CHAVE. [S.d.]. Acesso em: 3 ago. 2023.
- LYNCH, Kevin. The image of the city. [S.l.]: 1960, 1960.
- MAGALHÃES, Marcos Thadeu Queiroz; ARAGÃO, Joaquim José Guilherme; YAMASHITA, Yaeko. Definição de transporte: uma reflexão sobre a natureza do fenômeno e objeto da pesquisa e ensino em transportes . Revista Transportes, 2014.
- MATOS, Bárbara Abreu. Tese_BárbaraAbreuMatos. [S.d.]. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, [S.d.]. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/41377>>. Acesso em: 27 fev. 2023.
- NOGUEIRA, Marly; GARCIA, Ricardo Alexandrino. A inserção das cidades médias na rede urbana brasileira. Terr@ Plural, v. 1, n. 2, p. 61–71, 2007. Disponível em: <<https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/1152>>. Acesso em: 3 ago. 2023.
- NUGMANOVA, Assel et al. Effectiveness of ring roads in reducing traffic congestion in cities for long run: Big Almaty ring road case study. Sustainability (Switzerland), v. 11, n. 18, 1 set. 2019.
- OLIVEIRA, Leise Kelli De et al. Influence of demographic and socioeconomic factors on motorcycle usage in Brazil. Case Studies on Transport Policy, v. 9, n. 4, p. 1757–1769, 1 dez. 2021. Acesso em: 3 ago. 2023.
- PARUSH, Avi. A Typology of Conceptual Models. Conceptual Design for Interactive Systems, p. 51–65, 1 jan. 2015. Acesso em: 3 ago. 2023.
- PORTAL G1. Blocos, público, investimento, ambulantes: veja números grandiosos do carnaval de rua pelo país | Carnaval 2020 | G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/carnaval/2020/noticia/2020/02/19/blocos-publico-investimento-ambulantes-veja-numeros-grandiosos-do-carnaval-de-rua-pelo-pais.ghtml>>. Acesso em: 3 ago. 2023.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE BOM DESPACHO. Projeto de Lei nº 85/2022. . Bom Despacho: [s.n.], 2022
- QUESSADA, Matheus S. et al. ITSMEI: An intelligent transport system for monitoring traffic and event information. International Journal of Distributed Sensor Networks, v. 16, n. 10, 5 out. 2020. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1550147720963751>>. Acesso em: 4 ago. 2023.
- RATTI, Carlos; 2016; CLAUDEL, Matthew. The City of Tomorrow: Sensors, Networks, Hackers, and the Future of Urban Life. 1. ed. New Haven: Yale University Press; Illustrated edição (28 junho 2016), 2016.
- RIBEIRO, Luiz Cesar de Queiroz; SILVA, Érica Tavares; RODRIGUES, Juciano Martins. Metrôpoles brasileiras: diversificação, concentração e dispersão. Revista Paranaense de Desenvolvimento, p. 177–207, 14 fev. 2012.

RIBEIRO, Paulo; ANTÓNIO PENA JARDIM GONÇALVES, Luís. The Impact of a Ring Road in an Urban Road Network. The Case Study of Guimarães, Portugal Active mobility in cities View project. 2019, [S.l: s.n.], 2019. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/332511288>>.

ROLNIK JEROEN KLINK RESUMO, Raquel. Crescimento econômico e desenvolvimento urbano Por que nossas cidades continuam tão precárias? . [S.l: s.n.], 2011.

ROLNIK, Raquel. É possível uma política urbana contra a exclusão? Serviço Social e Sociedade, v. 72, n. 161, p. 53–61, 2002. Acesso em: 3 ago. 2023.

SANDERCOCK, Leonie. Multiple cities. Towards Cosmopolis - Planning for Multicultural Cities, p. 1–8, 1998. Acesso em: 4 ago. 2023.

SATHLER, Douglas; AMORIM FILHO, Oswaldo Bueno; VARAJÃO, Guilherme Fortes Drummond Chicarino. Cidades médias : bases teóricas e estudos aplicados à Diamantina. p. 236, 2015. Disponível em: <<http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/1002>>. Acesso em: 3 ago. 2023.

SATHLER, Douglas; MIRANDA, Vitor. A desconcentração demográfica paulista em perspectiva. Cadernos Metrópole, v. 12, n. 24, p. 369–394, 2010. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/5895>>. Acesso em: 3 ago. 2023.

SINHA, Kumares C.; LABI, Samuel; AGBELIE, Bismark R.D.K. Transportation infrastructure asset management in the new millennium: continuing issues, and emerging challenges and opportunities. <http://dx.doi.org/10.1080/23249935.2017.1308977>, v. 13, n. 7, p. 591–606, 9 ago. 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23249935.2017.1308977>>. Acesso em: 4 ago. 2023.

SOHAIL, A. et al. Data-driven approaches for road safety: A comprehensive systematic literature review. **Safety Science**, v. 158, p. 105949, 2023.

SPÓSITO, M. E. B. Desafios para o estudo das cidades médias. 2010, Mendoza: UNCUYO - Universidad de Cuyo, 2010. p. 1–18.

TISCHER, Vinicius; POLETTE, Marcus. Sistema de avaliação de cidades de referência em transportes e mobilidade urbana sustentável. Cadernos Metrópole, v. 21, n. 45, p. 481–509, 3 jun. 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cm/a/9q4p4rF5zcCYTGsygSWMyQr/>>. Acesso em: 3 ago. 2023.

TOMOYUKI, Bogdan et al. Contagem volumétrica de veículos em vias urbanas. 9 set. 2014. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/8154>>. Acesso em: 4 ago. 2023.

TONELLA, Celene. Políticas urbanas no Brasil: marcos legais, sujeitos e instituições. Sociedade e Estado, v. 28, n. 1, p. 29–52, jan. 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/se/a/bJXnyw9HfzBzJb3nR6gx8CJ/>>. Acesso em: 3 ago. 2023.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway Capacity Manual: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. 6 ed. ed. [S.l: s.n.], 2016.

VALE, Ana Rute Do. EXPANSÃO URBANA E PLURIFUNCIONALIDADE NO ESPAÇO PERIURBANO DO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA (SP). 2005. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (SP), 2005. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104387/vale_ar_dr_rcla.pdf?sequence=1>. Acesso em: 26 jan. 2023.

WEBSTER, F. V.; COBBE, B. M. Traffic Signals. Original de Universidade de Michigan: [s.n.], 1996.

WILLIAMS, Bob; SKINNER, Christopher J. Intelligent Transport Systems Standardization . 1. ed. [S.l.]: Artech House, 2008.