

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

CURSO DE MESTRADO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES

**ESTRATÉGIA DE OBTENÇÃO E TRATAMENTO DE
DADOS DIGITAIS PARA ELABORAÇÃO DE
PESQUISAS DE MOBILIDADE URBANA**

Frederico Augusto da Silva

Belo Horizonte

2021

Frederico Augusto da Silva

**ESTRATÉGIA DE OBTENÇÃO E TRATAMENTO DE
DADOS DIGITAIS PARA ELABORAÇÃO DE
PESQUISAS DE MOBILIDADE URBANA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geotecnia e Transportes.

Área de concentração: Transportes

Orientador: Prof. Marcelo Franco Porto

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2021

S586e

Silva, Frederico Augusto da.

Estratégia de obtenção e tratamento de dados digitais para elaboração de pesquisas de mobilidade urbana [recurso eletrônico] / Frederico Augusto da Silva. – 2021.

1 recurso online (102 f.: il., color.) : pdf.

Orientador: Marcelo Franco Porto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Anexos: f. 90-102.

Bibliografia: f. 82-89.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Transportes - Teses. 2. Mobilidade urbana - Teses. 3. Cidades e vilas - Teses. 4. Engenharia de tráfego - Teses. 5. Trânsito - Fluxo - Teses. 6. Cidades inteligentes - Teses. I. Porto, Marcelo Franco. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 656(043)

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Roseli Alves de Oliveira CRB/6 2121
Biblioteca Prof. Mário Werneck, Escola de Engenharia da UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE MESTRADO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Realizou-se, no dia 25 de agosto de 2021, às 14:30 horas, https://meet.jit.si/Defesa_Frederico_Augusto_Geotrans, da Universidade Federal de Minas Gerais, a 117ª defesa de dissertação, intitulada *ESTRATÉGIA DE OBTENÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS PARA ELABORAÇÃO DE PESQUISAS DE MOBILIDADE URBANA*, apresentada por FREDERICO AUGUSTO DA SILVA, número de registro 2019653995, graduado no curso de ENGENHARIA CIVIL, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em GEOTECNIA E TRANSPORTES, à seguinte Comissão Examinadora: Prof. Marcelo Franco Porto – Orientador (UFMG), Prof.ª Renata Maria Abrantes Baracho Porto (UFMG), Prof. Sandro Laudares (PUC Minas), Prof. Guilherme de Castro Leiva (CEFET/MG) e Prof. Leandro Cardoso (UFMG). Seguiu-se a arguição pelos examinadores e logo após, a Comissão decidiu considerar aprovada a Dissertação de Mestrado. O resultado final foi comunicado publicamente ao aluno pelo orientador. Nada mais havendo a tratar, o orientador encerrou a sessão e lavrou a presente ata que, depois de lida, se aprovada, será assinada pela Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 25 de agosto de 2021.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Renata Maria Abrantes Baracho Porto, Professora do Magistério Superior**, em 25/08/2021, às 16:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme de Castro Leiva, Usuário Externo**, em 25/08/2021, às 16:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leandro Cardoso, Professor do Magistério Superior**, em 25/08/2021, às 16:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Franco Porto, Professor do Magistério Superior**, em 25/08/2021, às 17:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sandro Laudares, Usuário Externo**, em 02/09/2021, às 17:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 0908308 e o código CRC 98A10C20.

Dedicado à minha mãe Cleusa

AGRADECIMENTOS

Só poderia escrever esses agradecimentos dedicando-os a minha mãe. Ela que fez tudo que pode por nós (eu e meus irmãos), de atender os caprichos, de ir à escola depois das brigas, de lutar todos os dias para garantir a passagem do ônibus e sempre uma roupa para que pudesse estudar. E assim fomos, do pré-escolar ao ensino médio, ela fazendo a parte dela e eu a minha, de estudar sem repetir de ano. Quando ingressei no CEFET para fazer o curso técnico em transportes, uma das épocas mais difíceis, nós tínhamos que escolher o dia de não ir a aula por falta de dinheiro para a passagem, mas graças a Deus isso foi passageiro, logo consegui meu primeiro estágio e daí para a frente foi só vitória. Consegui me graduar em Engenharia com muito esforço, nós sabíamos o quanto era difícil acordar às 5:40 trabalhar e ter o estudar, chegando em casa após as 23 horas, mas não desistimos, você sempre ali, me ajudando, com muito carinho abrindo o portão todas as manhãs. Passada essa luta, veio a minha pós-graduação e a sua graduação, que quem diria, uma senhora de 62 anos estudando, que orgulho! Aí veio o ingresso no mestrado, que nós sabíamos da importância que tinha para mim e da luta que foi conseguir ingressar. Mas hoje, quando escrevo esse agradecimento, as lágrimas, não poderei receber seu abraço, me parabenizando por mais uma conquista, mas foi por pouco, quase deu tempo né mãe... Só posso te agradecer por tudo e eternizar um pouco da nossa luta aqui nesse pequeno e resumido texto.

Bom, agradeço a todos da minha família, meus irmãos e meu pai pela paciência e pela torcida. A Dani, obrigado por tudo sempre. Agradeço a Systra pela oportunidade de trabalhar com os melhores da área de engenharia de transporte, agradeço a BHTRANS pelo aprendizado e as amizades que me ajudaram a conseguir os dados para esse trabalho (em especial ao Leonardo Rios e o Gustavo Moraes), ao CEFET-MG, que sou grato eternamente, por me dar uma profissão e ter me dado a oportunidade de lecionar e aprender muito com a história dos alunos. Agradeço a todos os especialistas de transporte que se dispuseram a participar do trabalho, além de avaliar, com dicas e orientações sobre o trabalho (Guilherme, Renato, André, Bruna, Emília, Tereza, Leandro, Ivan, Paulo, Leonardo, Nicolas e Sabina). Agradeço ao Thiago Henrique, meu companheiro de orientação e de turma no mestrado. Agradeço ao professor Marcelo Porto, por conduzir o trabalho orientando e ajudando. Agradeço ao Gabriel Kohlmann, pela importantíssima ajuda na montagem dos resultados desse trabalho. Não foi fácil, principalmente a reta final, mas está aí o trabalho e pretendo não parar por aqui.

*" Me mostre um caminho agora, um jeito de estar sem você. O apego não quer
ir embora, diacho, ele tem que querer"*
(Maria Gadú) in (Dona Cila)

RESUMO

As cidades têm se tornando grandes geradoras de dados digitais, mas essa informação é negligenciada, pois, há pouco ou nenhum tratamento e recuperação dessa informação. Com o aumento da disponibilidade de dados digitais, aliado ao uso de técnicas de *Big Data*, surgem novas formas de aquisição, seja para uso operacional ou de planejamento a longo prazo, transformando as cidades digitais de tal forma que evoluem para se tornarem cidades inteligentes. Essa dissertação apresenta uma metodologia para aquisição e tratamento da informação capturada em equipamentos de fiscalização eletrônica por imagem, dispostos na área urbana de um município, para criação de matrizes de deslocamentos e melhores caminhos entre os equipamentos com o propósito de analisar a movimentação dos veículos na malha viária. Como resultado, foi possível identificar os principais caminhos percorridos, gerando uma matriz de fluxo de tráfego pela cidade para suporte na elaboração de planos de mobilidade urbana. Além do processo quantitativo, o trabalho foi avaliado por especialistas da área de engenharia de tráfego a fim de validar a metodologia aplicada. Apresenta-se, nesse trabalho, um estudo de caso aplicando a metodologia ao município de Belo Horizonte. Esse trabalho contribui com as pesquisas de estudos de tráfego a partir da coleta dos dados digitais e gera discussão para que as cidades percebam o potencial da informação coletada.

Palavras-Chaves: Mobilidade urbana; cidades; engenharia de tráfego; equipamentos de fiscalização eletrônica; matrizes de fluxo de tráfego; *smart cities*.

ABSTRACT

Cities have become large generators of digital data, but this information is neglected, as there is little or no processing and retrieval of this information. With the increase in the availability of digital data, combined with the use of Big Data techniques, new forms of acquisition emerge, whether for operational use or for long-term planning, transforming digital cities in such a way that they evolve to become smart cities. This dissertation presents a methodology for the acquisition and processing of information captured in electronic image surveillance equipment, arranged in the urban area of a municipality, for the creation of displacement matrices and better paths between the equipment in order to analyze the movement of vehicles in the road network. As a result, it was possible to identify the main paths taken, generating a traffic flow matrix throughout the city to support the development of urban mobility plans. In addition to the quantitative process, the work was evaluated by specialists in the area of traffic engineering, in order to validate the applied methodology. This work presents a case study, applying the entire methodology to the city of Belo Horizonte. This work contributes to traffic study research based on the collection of digital data and generates discussion for cities to realize the potential of the collected information.

Keywords: Urban mobility; cities; traffic engineering; electronic surveillance equipment; traffic flow matrices; smart cities

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de arquitetura de aplicativos corporativos em cidades inteligentes.....	26
Figura 2 – Laço indutivo	29
Figura 3 – Esquema de pesquisa OD de placas	31
Figura 4 – Racionalização da análise de <i>Big Data</i>	36
Figura 5 – Complementariedade das abordagens	40
Figura 6 – Framework da pesquisa.....	41
Figura 7 – Representação gráfica da rede de <i>links</i>	46
Figura 8 – Fluxograma de tratamento de dados	48
Figura 9 – Geração matriz de deslocamentos.....	50
Figura 10 – Tratamento matriz de deslocamentos.....	51
Figura 11 – Expansão matriz de deslocamentos.....	52
Figura 12 – União das matrizes e carregamento da rede	53
Figura 13 – Carregamento por <i>link</i> e representação gráfica.....	53
Figura 14 – Localização dos EFE no município de Belo Horizonte	61
Figura 15 – Registro de veículos	62
Figura 16 – Utilização dos veículos por tipo de uso.....	63
Figura 17 – Tempo médio de viagem.....	63
Figura 18 – Volume médio de veículos por hora e tipo de dia.....	64
Figura 19 – Representação gráfica da matriz melhor caminho	65

Figura 20 – Análise de regressão: total de registros coletados.....	69
Figura 21 – Localização geográfica das principais vias de Belo Horizonte.....	71
Figura 22 – Representação gráfica do carregamento da rede – dias úteis.....	72
Figura 23 – Representação gráfica do carregamento da rede – pico da manhã – 6h às 7h59 ..	73
Figura 24 – Representação gráfica do carregamento da rede – pico da tarde – 17h às 18h59.	74
Figura 25 – Representação gráfica do carregamento da rede – sábado	75
Figura 26 – Representação gráfica do carregamento da rede – domingo.....	76
Figura 27 – Respostas dos especialistas agrupadas por área de atuação	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aplicação - EFE.....	34
Tabela 2 – Matriz OD de melhor caminho	46
Tabela 3 – Peso por classe de veículo	48
Tabela 4 – Localização dos EFE no município de Belo Horizonte.....	62
Tabela 5 – Matriz de principais deslocamentos identificados.....	66
Tabela 6 – Maiores deslocamentos médios UVP por tipo de dia.....	66
Tabela 7 – Contagem simplificada de veículos por hora e metodologia.....	68
Tabela 8 – Especialistas na área de engenharia de transporte e tráfego	77
Tabela 9 – Questões formuladas aos especialistas	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pesquisas de mobilidade urbana.....	23
Quadro 2 – Estrutura sintética dos bancos de dados	44

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

BHTRANS	Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCV	Contagem classificada de veículos
CSV	<i>Comma separated values</i>
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EFE	Equipamentos de fiscalização eletrônica
GIS	Sistema de informação geográfica
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
ID	Identificador único
IoT	Internet das Coisas
LAP	Leitor automático de placas
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
OCR	<i>Optical Character Recognition</i>
OD	Origem e Destino
PlanMob	Planos de mobilidade urbana
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SQL	<i>Structured query language</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UVP	Unidade veículo padrão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	OBJETIVOS DO TRABALHO.....	18
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	19
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1	A CIDADE.....	20
2.1.1	<i>Sistema viário</i>	<i>21</i>
2.1.2	<i>Hierarquização viária</i>	<i>21</i>
2.1.3	<i>Planos de mobilidade</i>	<i>22</i>
2.1.4	<i>Cidades inteligentes.....</i>	<i>24</i>
2.2	ENGENHARIA DE TRÁFEGO.....	26
2.2.1	<i>Capacidade viária</i>	<i>26</i>
2.2.2	<i>Pesquisas de tráfego.....</i>	<i>27</i>
2.2.3	<i>Contagem classificada de veículos.....</i>	<i>27</i>
2.2.4	<i>Pesquisa origem e destino</i>	<i>29</i>
2.2.5	<i>Matrizes de tráfego.....</i>	<i>31</i>
2.2.6	<i>Pesquisa de fluxo de tráfego.....</i>	<i>32</i>
2.2.7	<i>Dispositivos de controle de tráfego</i>	<i>33</i>
2.2.8	<i>Equipamentos de fiscalização eletrônica</i>	<i>33</i>
2.2.9	<i>Reconhecimento ótico de caracteres (OCR).....</i>	<i>34</i>
2.2.10	<i>Leitura automática de placas (LAP).....</i>	<i>35</i>
2.3	TECNOLOGIAS.....	35
2.3.1	<i>Big Data.....</i>	<i>35</i>

2.3.2	<i>Sistema de gestão de banco de dados (SGBD)</i>	37
2.4	TRABALHOS CORRELATOS	37
3	METODOLOGIA	39
3.1	<i>MIXED METHODS RESEARCH</i>	39
3.2	FRAMEWORK DA PESQUISA	41
3.3	MÉTODOS E TÉCNICA NECESSÁRIOS	42
3.4	ETAPA 1 – COLETA DE DADOS	43
3.4.1	PROCESSAMENTO DOS DADOS	45
3.5	ETAPA 2 – GERAÇÃO DA MATRIZ DE MELHOR CAMINHO	45
3.6	ETAPA 3 – GERAÇÃO DA MATRIZ DE DESLOCAMENTOS	47
3.6.1	PASSO 1 – TRANSFORMAÇÃO EM VEÍCULO PADRÃO	47
3.6.2	PASSO 2 – ANONIMIZAÇÃO DOS DADOS	48
3.6.3	PASSO 3 – GERAÇÃO DA MATRIZ DE DESLOCAMENTOS	49
3.7	ETAPA 4 – OBTENÇÃO DA PESQUISA DE FLUXO DE TRÁFEGO	52
3.8	ETAPA 5 – VALIDAÇÃO DO MODELO POR ESPECIALISTAS	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	59
4.1.1	APLICAÇÃO DA ETAPA 1 – COLETA DE DADOS	59
4.1.2	APLICAÇÃO DA ETAPA 2 – GERAÇÃO DA MATRIZ DE MELHOR CAMINHO	64
4.1.3	APLICAÇÃO DA ETAPA 3 – GERAÇÃO DA MATRIZ DE DESLOCAMENTOS	66
4.1.4	APLICAÇÃO DA ETAPA 4 – OBTENÇÃO DA PESQUISA DE FLUXO DE TRÁFEGO	70
4.1.5	APLICAÇÃO DA ETAPA 5 – VALIDAÇÃO DO MODELO POR ESPECIALISTAS	77
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80

REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A – MATRIZ DE MELHOR CAMINHO	90
APÊNDICE B – MATRIZ DE DESLOCAMENTOS	96
ANEXO A – CARTA DE SOLICITAÇÃO DE DADOS JUNTO A BHTRANS	99
ANEXO B – LOCALIZAÇÃO DOS EFE DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE UTILIZADOS NO ESTUDO DE CASO	100

1 INTRODUÇÃO

O Artigo 24 da Lei Federal n. 12.587/2012 determina que planos de mobilidade são obrigatórios e as cidades devem elaborar, avaliar, revisar e atualizar os existentes em prazo não superior a 10 (dez) anos. Esse fato gera a necessidade de se propor novas formas de aquisição de dados de mobilidade urbana, diferentes dos modelos atuais de pesquisa que tem custo elevado e confiabilidade questionada por serem realizadas de forma manual.

Para elaborar o plano de mobilidade é necessário caracterizar e diagnosticar o município em estudo e, para isso, são necessárias várias pesquisas, entre as quais: pesquisas de origem e destino, que podem ser domiciliares, tráfego, carga urbana e transporte coletivo. As pesquisas de engenharia de tráfego que contemplam pesquisa de fluxo em eixos viários, pesquisa de fluxo em interseções, pesquisa de fluxo de pedestres ou bicicletas, pesquisa de velocidade pontual, pesquisa de velocidade e retardamento, pesquisa de atraso em interseções, pesquisa de capacidade, pesquisa de estacionamento, pesquisa de ocupação de veículos. As pesquisas de oferta englobam organização das informações cadastrais, levantamento de trajetos, pesquisa de oferta. As pesquisas de demanda são pesquisa visual de carregamento, pesquisa de demanda nas garagens, pesquisa de demanda associada à pesquisa de oferta, pesquisa de embarque e desembarque sem senha, pesquisa de embarque e desembarque com senha e as pesquisas auxiliares como pesquisa de opinião, pesquisa de satisfação e pesquisa de preferência declarada.

Com o avanço tecnológico, as cidades estão cada dia mais informatizadas e se tornando “inteligentes” (*smart cities*). Segundo Harrison e Donnelly (2011) as cidades estão mais interconectadas e instrumentalizadas.

A abordagem de cidades inteligentes inclui tecnologias que promovem maior eficiência energética e otimização na produção de bens e serviços. Como exemplo temos sistemas inteligentes para o monitoramento e gerenciamento das infraestruturas urbanas, antecipação a acidentes naturais; soluções de colaboração e redes sociais; sistemas integrados para a gestão de ativos; sistemas especializados de atenção à saúde e educação, que permitem a interação com os atores por intermédio da internet; sistemas, métodos e práticas para o gerenciamento integrado de serviços de qualquer natureza; sistemas para o tratamento de grandes volumes de dados estruturados e não estruturados; sistemas de georreferenciamento; tecnologias de

identificação por radiofrequência e etiquetas digitais colocadas em produtos e cargas, otimizando os processos logísticos e as transações comerciais. Os sensores aliados aos sistemas de inteligência artificial percebem e respondem rapidamente a eventos ocorridos no mundo físico, desencadeando processos digitais que passam a ter consequências imediatas e significativas no mundo, conectando pessoas, empresas e poder público a qualquer tempo e lugar (MITCHELL, 2007; WEBBER; WALLACE, 2009; DIRKS *et al.*, 2010; PRATTIPATI, 2010; ALLWINKLE; CRUICKSHANK, 2011; WOLFRAM, 2012).

1.1 Objetivos do trabalho

Esse trabalho tem como objetivo principal desenvolver uma metodologia de coleta e tratamento de dados de equipamentos de fiscalização eletrônica por imagem para subsidiar a elaboração de planos de mobilidade urbana.

Tendo como objetivos específicos:

- Estabelecer um padrão de estrutura de dados a serem coletados a partir de equipamentos de fiscalização eletrônica com tecnologia de reconhecimento ótico de caracteres (OCR - *Optical Character Recognition*);
- Definir métodos de tratamento de dados específicos para análise e validação dos dados coletados, cruzando os dados coletados e os perfis de deslocamentos diários, para gerar os resultados que atendam os tipos de pesquisas que esse estudo propõe substituir pelo uso dos dados disponíveis nas *smart cities*;
- Geração de matrizes de caminhos viários e deslocamentos;
- Representação gráfica de uma pesquisa de fluxo de tráfego.

As hipóteses do trabalho são:

- A utilização de dados coletados de equipamentos de fiscalização eletrônica pode ser uma alternativa para eliminar parte das pesquisas necessárias na elaboração de plano de mobilidade.
- O Desenvolvimento de uma metodologia de avaliação do fluxo de tráfego diário pode ser uma forma de determinar correntes de tráfego por tipo de dia, hora e qualquer outro determinante a ser especificado.
- Tratamento de dados específicos podem ser desenvolvidos para substituição das coletas manuais para pesquisas de mobilidade.

1.2 Estrutura da dissertação

Além deste capítulo introdutório, outros quatro capítulos compõem esse trabalho. No Capítulo 2 é apresentada a revisão da literatura que fundamenta essa pesquisa. A metodologia é apresentada no Capítulo 3. Os resultados, análises e discussões obtidos com a aplicação da metodologia no município de Belo Horizonte, são apresentados no Capítulo 4 e, finalizando esse trabalho, temos o Capítulo 5 com as considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Em busca de referências para fundamentar essa pesquisa foi realizada uma revisão sistemática com consultas ao Google Acadêmico e portal Sucupira da CAPES. As palavras-chave utilizadas como filtro (em inglês e português) foram: “planos de mobilidade”, “*Big Data*”, “cidades inteligentes”, “pesquisas origem-destino”, “sistemas inteligentes de transportes”. Além dos artigos internacionais e nacionais ocorreram consultas a teses, livros, manuais e a legislação brasileira relacionada com planos de mobilidade, a qual motiva a maior parte desse trabalho.

Esse capítulo está dividido em quatro tópicos principais organizados de acordo com o tema em estudo. Compreende a cidade e as informações que ela disponibiliza, a utilização da engenharia de tráfego e suas técnicas aplicadas e os demais instrumentos metodológicos necessários para a aplicação da metodologia.

2.1 A cidade

É necessário definir o conceito de cidade. Silva (1946, p. 04) caracteriza a cidade como a sede municipal, localidade com o mesmo nome do município e onde se localiza a prefeitura, dispondo de um estatuto jurídico ou municipal, essencial para realização do planejamento futuro.

Segundo Lefebvre (1968, p. 57), a cidade pode ser definida como “uma realidade presente, um dado prático, sensível e arquitetural”. Ele estabelece que a cidade tem uma metodologia para atender as demandas dos moradores, segundo princípios de igualdade e liberdade. O sociólogo Weber (1987) define cidade como uma comunidade urbana com casas muito próximas, associada à densidade demográfica e a quantidade de pessoas em cada setor secundário e terciário, onde a maioria dos moradores vive da indústria e do comércio e não da agricultura.

Carlos (2009, p. 57) considera a temporalidade e a herança, “a cidade é uma realização humana, uma criação que vai se constituindo ao longo do processo histórico e que ganha materialização concreta e diferenciada em função de determinações históricas específicas”.

Diante dessas definições, disserta-se sobre os demais temas componentes da organização das cidades, relacionados a mobilidade urbana e organização do espaço.

2.1.1 Sistema viário

O sistema viário integra a cidade e é elemento fundamental nesse trabalho. O sistema viário é um fator determinante da morfologia urbana e da eficiência do layout urbano, o qual estabelece a forma de circulação de pessoas, mercadorias, pedestres e estipula a sequência de espaços de interação e encontro social (ACIOLY, 1998). De acordo com Neufert (2012), no sistema viário as vias servem basicamente para passagem de veículos, possuindo um grau de necessidade dimensional relativa às medidas de um veículo padrão com finalidade de ocasionar uma movimentação livre entre eles, somando-se as sarjetas e calhas que fazem o papel de escoamento da água pluvial. Ainda nessa composição, tem-se a área de pedestres, conhecida como calçada, a qual traz segurança às pessoas que necessitam caminhar pela cidade, e cria áreas recreativas de desenvolvimento onde as árvores são vistas como abrigos do clima.

Para que se possa organizar o sistema viário, no Brasil se utiliza a hierarquização viária, conceito que será explorado no capítulo seguinte.

2.1.2 Hierarquização viária

A hierarquização funcional pode ser representada pela classificação das vias decorrente das suas funções prioritárias e deve ser operacionalizada por diversas intervenções físicas e de controle que buscam dar a eficiência requerida às funções priorizadas e, na medida do necessário, restringir as demais funções. (PETRANTONIO, 2020a)

As vias urbanas são classificadas no Código de Trânsito Brasileiro (CTB), de 1997, de acordo com a sua utilização em via de trânsito rápido, via arterial, via coletora e via local e define as velocidades máximas e mínimas permitidas para cada tipo (BRASIL, 1997).

As características das vias são descritas dessa forma:

- As vias de trânsito rápido (...) caracterizadas por ausência de interseções em nível e existência de acessos especiais que garantem condições de trânsito livre (...) e também pela ausência de travessias de pedestres em nível e de acessibilidade direta aos lotes lindeiros (...), tendo o limite geral de velocidade mantido em 80 km/h (...);

- As vias arteriais, que possibilitam o trânsito entre regiões da cidade, caracterizadas por interseções em nível, geralmente controladas por semáforos, com acessibilidade às vias coletoras e locais e aos lotes lindeiros (...), tendo o limite geral de velocidade mantido em 60 km/h (...);
- As vias coletoras, que possibilitam o trânsito dentro das regiões da cidade e a função de coletar e distribuir o trânsito que busquem entrar ou sair das vias arteriais, ou de trânsito rápido (...), tendo o limite geral de velocidade mantido em 40 km/h (...);
- As vias locais (...) caracterizadas por possibilitar apenas o acesso local às áreas (...) e por interseções em nível (...) e o limite geral de velocidade foi elevado (...) para 30 km/h. (PETRANTONIO, 2020b, p.9)

2.1.3 Planos de mobilidade

A mobilidade urbana é um tema amplo, pois abrange várias disciplinas referentes à cidade, como uso e ocupação do solo, desenvolvimento urbano, transporte e trânsito. Esse tema é definido como um atributo das cidades e se refere à facilidade de deslocamento de pessoas e bens no espaço urbano. Tais deslocamentos são feitos por veículos e pessoas nas vias, em toda a infraestrutura (vias, calçadas, etc.). É o resultado da interação entre os deslocamentos de pessoas e bens com a cidade (BRASIL, 2007). É comum associar o conceito de mobilidade somente ao transporte, sobretudo aos modos motorizados. Restringe-se, nesse caso, de forma equivocada, praticamente à circulação de automóveis e ao uso de transporte coletivo (MIRANDA *et al.*, 2009). Na maioria dos países, incluindo o Brasil, os problemas de locomoção enfrentados diariamente no meio urbano são, com frequência, objeto de uma análise fragmentada, que dissocia o sistema de transporte público, a circulação de veículos particulares e o uso do solo (BOARETO, 2008).

No Brasil, a Lei n. 12.587/2012 institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana que determina a elaboração de Planos de Mobilidade. Determina que os municípios acima de 20 mil habitantes são obrigados por lei a elaborem seus Planos de Mobilidade Urbana como requisito para acessem recursos federais para investimento no setor. (Brasil, 2012). O Artigo 24 da Lei de Política Nacional de Mobilidade Urbana traz a seguinte redação:

Art. 24. O Plano de Mobilidade Urbana é o instrumento de efetivação da Política Nacional de Mobilidade Urbana e deverá contemplar os princípios, os objetivos e as diretrizes desta Lei, bem como: I - os serviços de transporte público coletivo; II - a circulação viária; III - as infraestruturas do sistema de mobilidade urbana; III - as infraestruturas do sistema de mobilidade urbana, incluindo as ciclovias e ciclo faixas; IV - a acessibilidade para pessoas com deficiência e restrição de mobilidade; V - a integração dos modos de transporte público e destes com os privados e os não motorizados; VI - a operação e o disciplinamento do transporte de carga na infraestrutura viária; VII - os polos geradores de viagens; VIII - as áreas de estacionamentos públicos e privados, gratuitos ou onerosos; IX - as áreas e horários de acesso e circulação restrita ou controlada; X - os mecanismos e instrumentos de financiamento do transporte público coletivo e da infraestrutura de mobilidade urbana; e XI - a sistemática de avaliação, revisão e atualização periódica do Plano de Mobilidade Urbana em prazo não superior a 10 (dez) anos. (BRASIL, 2012, Art.24)

Junto a edição da Lei n. 12.587/2012 foi desenvolvido pelo então Ministério das Cidades em 2015 o Caderno de Referência PlanMob que tem por objetivo orientar municípios e estados na construção de Planos de Mobilidade Urbana, municipais e regionais, elaborado pelas equipes técnicas de governo e por profissionais contratados para tal fim (BRASIL, 2015).

O Caderno indica uma série de pesquisas de mobilidade, divididas em 3 grupos, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Pesquisas de mobilidade urbana

Pesquisas de comportamento na circulação	Origem e destino	O/D domiciliar;
		O/D tráfego;
		O/D transporte coletivo;
		O/D carga urbana.
	Pesquisas de Engenharia de Tráfego	Pesquisa de fluxo em eixos viários;
		Pesquisa de fluxo em interseções;
		Pesquisa de fluxo de pedestres ou bicicletas;
		Pesquisa de velocidade pontual;
		Pesquisa de velocidade e retardamento;
		Pesquisa de atraso em interseções;
		Pesquisa de capacidade;
		Pesquisa de estacionamento;
		Pesquisa de ocupação de veículos.

Pesquisas operacionais do transporte coletivo	Pesquisas de oferta	Organização das informações cadastrais;
		Levantamento de trajetos;
		Pesquisa de oferta.
	Pesquisas de demanda	Pesquisa visual de carregamento;
		Pesquisa de demanda nas garagens;
		Pesquisa de demanda associada à pesquisa de oferta;
		Pesquisa de embarque e desembarque sem senha;
Outras pesquisas		Pesquisa de embarque e desembarque com senha.
		Pesquisa de opinião;
		Pesquisa de satisfação;
		Pesquisa de preferência declarada.

Fonte: BRASIL, 2015

2.1.4 Cidades inteligentes

Uma cidade é inteligente quando os investimentos em recursos humanos e sociais, bem como a infraestrutura digital, o uso de energia sustentável e o crescimento econômico promovem uma elevada qualidade de vida através da governança participativa (A. CARAGLIU *et al.*, 2011). Uma cidade inteligente é uma visão de desenvolvimento para combinar informação, comunicação com através da Internet das Coisas (IoT) para lidar com os ativos de uma cidade de forma segura (HARTEINSTEIN; LABERTAUX, 2010). Existem conceitos que definem as cidades inteligentes, porém, diferem do conceito de cidades digitais. A cidade digital é caracterizada primordialmente pela capacidade de implementação de tecnologias de comunicação, promovendo o acesso amplo a ferramentas, conteúdos e sistemas de gestão, de forma a atender às necessidades do poder público e seus servidores, dos cidadãos e das organizações (KOMNINOS, 2002; YOVANOF; HAZAPIS, 2009). Já a cidade inteligente emerge da cidade digital. A visão de inteligência das cidades vem da convergência entre a sociedade do conhecimento – onde a informação e a criatividade têm grande ênfase e que considera os capitais humano e social como seus mais valiosos ativos (CASTELLS, 2012) – e a cidade digital – que faz extensivo uso de sistemas de telecomunicações e recursos da internet como meio para transformar significativamente as formas de relacionamento e de vida (KANTER; LITOW, 2009; COELHO, 2010; NAM; PARDO, 2011).

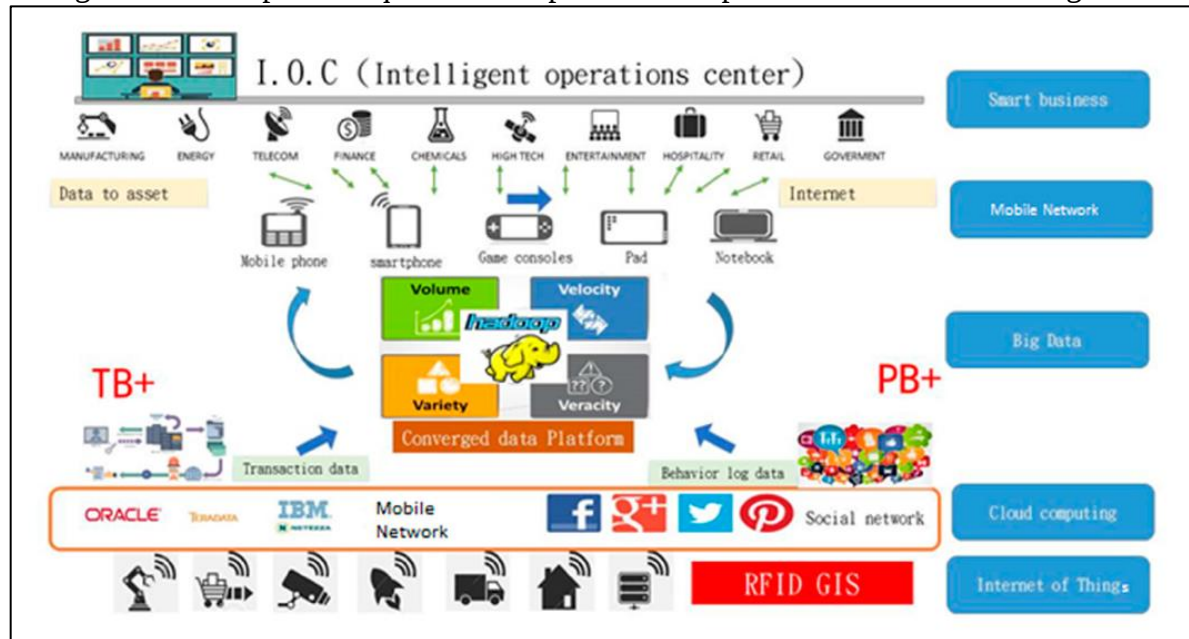
Para Komninos e Sefertzi (2009), as iniciativas para cidades inteligentes focalizam o uso das TIC (tecnologias da informação e comunicação) para transformar a vida e o trabalho dentro de uma região, de forma significativa e fundamental, mais do que de forma incremental,

explorando os recursos da cidade digital de maneira inovadora e colaborativa. Nesse sentido, a cidade digital não é necessariamente inteligente, mas a cidade inteligente tem, obrigatoriamente, componentes digitais (ALLWINKLE; CRUICKSHANK, 2011; DUTTA, 2011; NAM; PARDO, 2011).

As TIC são o resultado da fusão das telecomunicações, da informática, e das mídias eletrônicas (BOHN, 2011). Para Santos *et al.* (2002), as tecnologias de informação e comunicação não restringe somente a equipamentos de *hardware* e *software* e nem tão pouco à comunicação de dados, mas compreendem todas as atividades que ocorrem na sociedade, as quais utilizam recursos tecnológicos; disseminação social da informação a partir de sistemas informativos inteligentes.

Como o mundo se torna cada vez mais digital as cidades estão se tornando réplicas digitais dos mundos cibernéticos em que as pessoas residem (LI *et al.*, 2014), e o desenvolvimento e aplicação das TIC desempenham um papel decisivo nesta transformação. A expansão do *Big Data* e o desenvolvimento da Internet das Coisas estão aumentando a viabilidade de iniciativas de cidades inteligentes (HASHEM *et al.*, 2016). A computação em nuvem armazena grandes quantidades de dados, lidam com computação, análise e processos de tomada de decisão e realizam o controle da automação com base nos resultados dessas análises e processos (LI *et al.*, 2013).

Figura 1 – Exemplo de arquitetura de aplicativos corporativos em cidades inteligentes



Fonte: Wu et al., 2018

A Figura 1 apresenta uma arquitetura de aplicativos corporativos em cidades inteligentes, onde pode-se perceber a cooperação entre o *Big Data* e a Internet das Coisas. Essa cooperação é base desse trabalho onde utilizamos a captura de dados por equipamentos de fiscalização eletrônica por imagem para análise e transformação em dados de mobilidade, para que sejam utilizados no desenvolvimento das pesquisas exigidas nos planos de mobilidade.

2.2 Engenharia de tráfego

A Engenharia de Tráfego é a parte da Engenharia de Transportes que trata de dos problemas de planejamento, operação e controle de tráfego, tendo como objetivo uma mobilidade sustentável e socialmente inclusiva (PINGNATARO, 1973). A Engenharia de Tráfego trata da capacidade viária, das pesquisas e matrizes de tráfego, da implantação de dispositivos de controle de tráfego e equipamentos de fiscalização eletrônica.

2.2.1 Capacidade viária

A capacidade viária é o máximo fluxo que pode atravessar uma seção em condições existentes de tráfego, geometria e controle, num dado período. (PETRANTONIO, 2020b)

A capacidade de uma via pode variar de acordo com:

- geometria da via: n° de faixas, largura, rampa, curvatura;

- condições locais: tipo de motorista, interferências (pedestres, estacionamento);
- composição de tráfego: tipo de veículo, movimentos; controle de tráfego: sinalizações (prioridade, semáforos), fluxos conflitantes;
- acidentes e outros eventos, fatores climáticos como chuva, neblina, etc. (PETRANTONIO, 2020b).

No caso de vias interrompidas por semáforos, a capacidade é determinada pelo tempo de verde oferecido pelo semáforo que a controla: quanto mais verde, mais veículos são liberados; quanto menos verde, menos veículos liberados. Desta forma, surgiu, então, o conceito de “capacidade por hora de tempo verde”, ou seja, a capacidade da aproximação caso o semáforo estivesse aberto o tempo todo (uma hora), e o fluxo fosse igual ao máximo possível (capacidade/saturação). Seria o equivalente a “eliminar” o semáforo, transformando o fluxo em ininterrupto. Assim, afirmar que a capacidade por hora de verde de uma aproximação é de 5.000 veículos, significa afirmar que esta aproximação, se permanecesse sob a luz verde durante 60 minutos, acomodando o fluxo máximo, conseguiria liberar 5.000 veículos. (SILVA, 2017, p.75).

2.2.2 Pesquisas de tráfego

Pesquisas de tráfego são procedimentos utilizados para levantamentos de dados de campo, as pesquisas, que podem ser feitas mediante entrevistas ou por observação direta. Nas entrevistas, o processo consiste em obter a informação formulando perguntas orais ou escritas ao usuário, classificando suas respostas de acordo com certos padrões estabelecidos. A observação direta trata de registrar os fenômenos de trânsito tais como são, sem perturbá-los (DNIT, 2006).

2.2.3 Contagem classificada de veículos

As contagens volumétricas visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos selecionados do sistema viário, numa determinada unidade de tempo. Essas informações são usadas na análise de capacidade, na avaliação das causas de congestionamento e de elevados índices de acidentes, no dimensionamento do pavimento, nos projetos de canalização do tráfego e outras melhorias (DNIT, 2006).

As pesquisas de contagem são classificadas em 3 tipos por Goldner (2009): globais, direcionais e classificatórias.

As contagens globais registram o número de veículos que circulam por um trecho de via, independentemente de seu sentido, agrupando-os, geralmente, pelas suas diversas classes. São empregadas para o cálculo de volumes diários, preparação de mapas de fluxo e determinação de tendências do tráfego.

As contagens direcionais são aquelas que registram o número de veículos por sentido do fluxo e são empregadas, por exemplo, para cálculos de capacidade, determinação de intervalos de sinais, estudos de acidentes e previsão de faixas adicionais em rampas ascendentes.

As contagens classificatórias registram os volumes para os vários tipos ou classes de veículos. São empregadas para o dimensionamento estrutural e projeto geométrico de rodovias e interseções, cálculo de capacidade, cálculo de benefícios aos usuários e determinação dos fatores de correção para as contagens mecânicas.

Existem várias formas realizar as contagens volumétricas como: contagem manual, contagens automáticas (tubos pneumáticos, laços indutivos, sonoros, radar, células fotoelétricas, etc.), contagem por vídeo e observação móvel.

Esse trabalho aborda um dos tipos de contagem automática, que é a contagem por laços indutivos, contagem que é realizada pelos equipamentos de fiscalização eletrônica.

Os detectores por laços indutivos (*loops*) são os sensores mais utilizados para a coleta de dados de tráfego. Seus principais componentes são um detector oscilador que serve como uma fonte de energia ao detector, um cabo para o controlador e um ou mais laços de metal enrolados sobre si mesmos instalados dentro do pavimento. (MARTIN, 2003). A Figura 2 apresenta um laço indutivo instalado no asfalto.

Figura 2 – Laço indutivo



Fonte: *Google Street View*, 2021

O laço é constantemente alimentado com uma tensão com frequência fixa. Um cabo enrolado, formando uma bobina, por onde passa uma tensão elétrica, gera uma indutância. Quando um outro metal está perto do laço, a indutância diminui, o que aumenta a frequência de oscilação. Esse aumento faz com que a unidade de controle gere um pulso, acusando a passagem de um veículo. O laço indutivo pode fornecer dados sobre a passagem de veículos, presença, ocupação e velocidade. Também pode realizar a classificação de veículos (GOLDNER, 2009).

2.2.4 Pesquisa origem e destino

As pesquisas de origem e destino (OD) têm como objetivo identificar as origens e destinos das viagens realizadas pelos diferentes tipos de veículos em um determinado sistema de vias. Possibilitam, ainda, conforme a amplitude do estudo, a obtenção de informações de diversas outras características dessas viagens, tais como: tipo, valor e peso da carga transportada, números de passageiros, motivos das viagens, horários, frequência, quilometragens percorridas por ano, etc. (DNIT, 2006)

As pesquisas de origem e destino permitem, segundo o manual de estudos de tráfego do DNIT de 2006:

- identificar desvios de tráfego provenientes de alterações do sistema viário;
- determinar as cargas dos veículos transportadas nas rodovias;

- estimar taxas de crescimento;
- determinar custos operacionais, custos de manutenção e outras variáveis relativas à viabilidade de eventuais obras no sistema viário.

Existem várias formas de coleta de uma pesquisa origem e destino, como: entrevistas a domicílio, identificação de placas, tarjetas postais, etiquetas nos veículos, entrevistas na via, etc.

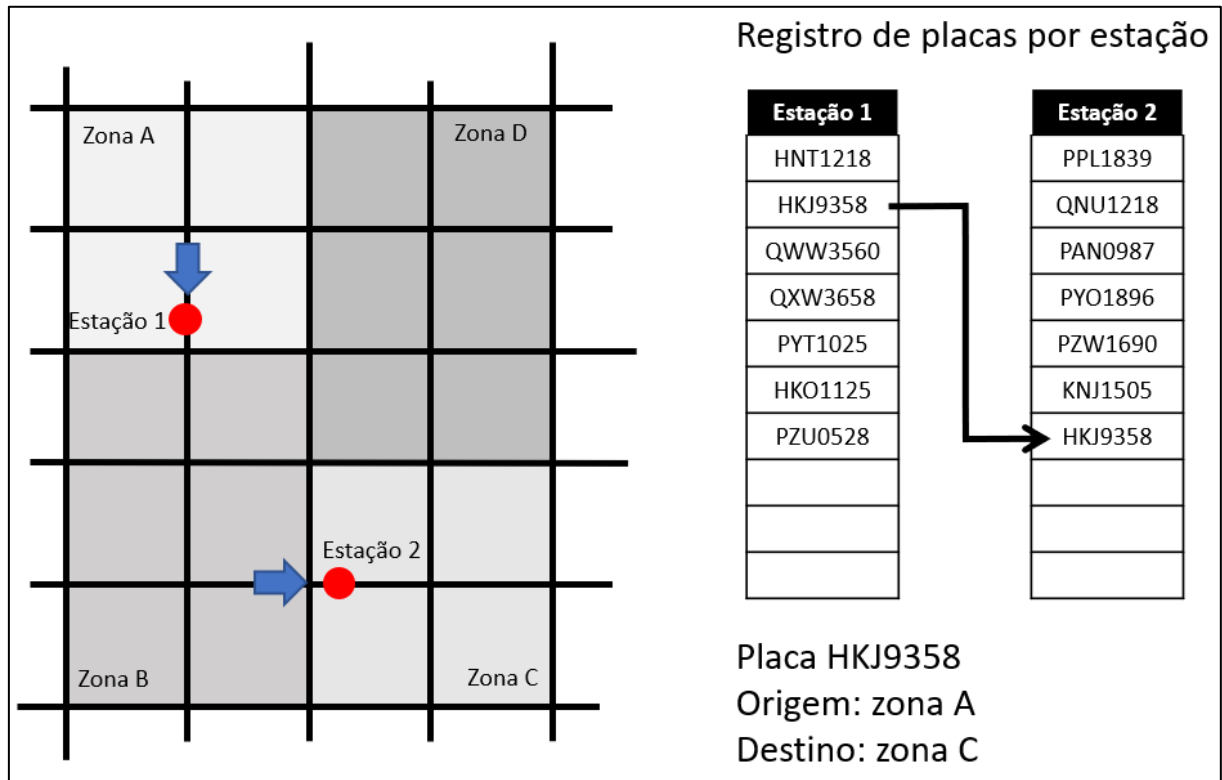
Esse trabalho utiliza o método de coleta de identificação de placas, utilizada para definição da matriz de deslocamentos.

Usualmente, a coleta por identificação de placas é realizada de forma manual, por uma equipe de pesquisadores. A matriz OD (origem / destino) é observada em campo diretamente, a partir do registro das placas que trafegam nas diversas estações de observação, espalhadas ao longo de toda a área de estudo (...). O registro das placas é feito de forma amostral devido à dificuldade em se registrar manualmente todas as placas dos veículos que trafegam por uma estação de observação (SOUZA, 2006).

Um problema que pode ocorrer devido ao registro parcial da placa é o surgimento de registros ambíguos, que ocorre quando dois veículos diferentes possuem o mesmo registro parcial da placa (VAN DE ZIJPP, 1997).

Após o fim do período de observação, as placas registradas nas diferentes estações de observação são utilizadas para compor o caminho realizado pelos veículos e, conseqüentemente, as suas origens e destinos, como ilustrado de forma simplificada na Figura 3.

Figura 3 – Esquema de pesquisa OD de placas



Fonte: Hellinga (1994) – adaptado pelo autor

2.2.5 Matrizes de tráfego

Matrizes de tráfego refletem o volume de tráfego que flui entre todos os possíveis pares origem e destino na rede. A aquisição de dados medidos para preencher uma matriz de tráfego apresenta alto custo de coleta e computacional (MEDINA *et al.*, 2002). Isto torna necessário o uso de técnicas de estimação baseadas em informações parciais. A estimação de matrizes de tráfego é fundamental para muitas questões da engenharia de tráfego, auxiliando no planejamento do crescimento de redes e diagnósticos de problemas. (RIBEIRO *et al.*, 2008).

Conforme explica RIBEIRO *et al.* (2008, p. 2), um fluxo Origem-Destino (OD) consiste em todo tráfego que entra na rede em um ponto de ingresso comum e sai em um outro ponto da rede. O tráfego observado em um enlace da rede é formado pela superposição de fluxos OD. Seja c o número de pares OD de uma rede formada por n nós. Então $c = n \times (n - 1)$. (eq. 1) Conceitualmente, os fluxos de tráfego podem ser representados em uma matriz X , onde a quantidade de dados transmitida do nó i para o nó j é denotada pelo elemento x_{ij} . Entretanto, é mais conveniente utilizar uma

representação de vetor para representar os fluxos, onde os pares OD ficam ordenados na forma x_j , $j = 1 \dots c$. Seja $Y = (y_1, y_2, \dots, y_r)$ o vetor das medidas do tráfego nos enlaces, onde y_1 é a medida do tráfego no enlace l , e r representa o número de enlaces da rede. O relacionamento entre os enlaces e os fluxos OD podem ser evidenciados através de uma matriz de roteamento A do tipo $\{0,1\}$, onde as linhas representam os enlaces da rede e as colunas representam os pares OD. A matriz A tem tamanho r (enlaces) por c (fluxos), onde $A_{ij} = 1$ se o fluxo j passa pelo enlace i e toma o valor zero caso contrário.

A relação entre o vetor de pares ordenados X e o vetor de tráfego de enlaces Y é dada por: $Y = AX$ (eq. 2)

A matriz de roteamento pode ser obtida através de pesos de enlaces utilizando os algoritmos OSPF (*Open Shortest Path First*) ou IS-IS (*Intermediate System*) e calculando o caminho mais curto entre todos os pares OD. Os dados dos enlaces estão disponíveis através do SNMP. Assim, o problema principal consiste em estimar X , ou seja, encontrar um conjunto de fluxos OD que poderá reproduzir Y o mais próximo possível do real. Este problema, representado pela equação (1), é indeterminado, pois, em praticamente todas as redes o número de pares OD é muito maior que o número de enlaces na rede, $r \ll c$. Isto significa que há um número infinito de soluções possíveis para o vetor X .

2.2.6 Pesquisa de fluxo de tráfego

Segundo o PlanMob (BRASIL, 2015), as pesquisas de fluxos de tráfego medem o volume de veículos em determinados trechos da via pública durante um período de tempo, podendo ser classificadas por tipo de veículo (ônibus, caminhões, veículos de passeio, motocicletas, etc.).

A pesquisa de capacidade, ao contrário, determina o fluxo de veículos capaz de ser atendido por um determinado componente viário (eixo viário ou interseção) sob determinadas condições de sinalização, geometria e outras interferências existentes. É importante para o planejamento de tráfego, pois, em vez de medir o problema quando ele ocorre, permite determiná-lo com antecedência a partir do levantamento dos componentes dinâmicos do tráfego: fluxo (veículos/hora), velocidade (km/hora) e densidade de tráfego (veículos/km de via).

2.2.7 Dispositivos de controle de tráfego

O controle de tráfego é a supervisão do movimento de veículos, pessoas e bens, com o objetivo de garantir eficiência e segurança, (MONTEIRO, 2004). Um dos tipos de dispositivo de controle de tráfego são equipamentos de fiscalização eletrônica por imagem, utilizado nesse trabalho.

2.2.8 Equipamentos de fiscalização eletrônica

Com o aumento do número de veículos nas ruas há a necessidade de se controlar a velocidade e os acessos para promover a segurança viária. Para isso se faz uso da fiscalização eletrônica. A fiscalização eletrônica é uma forma que as cidades encontram de aumentar a vigilância sobre as vias.

Os equipamentos de fiscalização eletrônica (EFE) de trânsito, quanto à sua aplicação, se dividem em:

- aplicações metrológicas;
- aplicações não metrológicas.

As aplicações metrológicas envolvem a medição do valor de uma grandeza física. No caso de fiscalização eletrônica de trânsito, a aplicação metrológica se refere à fiscalização de velocidade.

As aplicações não metrológicas não envolvem medições. Simplesmente constata ou identificam a ocorrência, ou não de algum evento. Na fiscalização eletrônica de trânsito, as aplicações não metrológicas se referem à fiscalização de invasão de semáforo vermelho, invasão de faixa exclusiva de ônibus, parada sobre faixa de pedestres, transitar em faixa ou local não permitido, etc. (MING, 2006)

Os equipamentos de fiscalização eletrônica, são capacitados para realizar contagens classificadas de veículos, através dos laços indutivos e os equipamentos mais modernos já contam com tecnologia de OCR (*Optical Character Recognition*), que possibilita a utilização de sistemas de leitura automática de placas – LAP.

A Tabela 1 apresenta a forma de regulação dos equipamentos de acordo com sua aplicação.

Tabela 1 – Aplicação - EFE

Aplicação	Tipo de equipamento	Regulação
Equipamentos metrológicos	Os equipamentos metrológicos são aqueles que realizam medições. No caso dos controladores eletrônicos de velocidade, são equipamentos destinados às medições das velocidades dos veículos que os acionam, quando em trânsito pelas vias dotadas destes dispositivos.	Resolução CONTRAN Nº 804, de 16 de novembro de 2020, atualizou parte da Resolução nº 798/2020 do CONTRAN. A Portaria do Inmetro nº 544, de 12 de dezembro de 2014, aprovou o Regulamento Técnico Metrológico para Medidores de Velocidade de Veículos Automotores sobre Requisitos de Software e Compatibilidade Eletromagnética.
Equipamentos não metrológicos	Os equipamentos não metrológicos, ao contrário dos metrológicos, não realizam medições, mas identificam as situações pontuais de descumprimentos às leis de trânsito, como os avanços da fase vermelha dos semáforos, as invasões das faixas ou pistas exclusivas destinadas aos ônibus, o tráfego de caminhões em locais não autorizados, por exemplo.	Resolução 165/04 e 174/05 do CONTRAN; Portaria 16/04 do Denatran e Port. 372/12 do INMETRO, que determinam os requisitos mínimos para a utilização destes equipamentos.

Fonte: BHTRANS, 2021

2.2.9 Reconhecimento ótico de caracteres (OCR)

OCR (*Optical Character Recognition*) é uma tecnologia desenvolvida para reconhecer caracteres a partir de um arquivo de imagem, sejam eles escaneados (digitalizados), escritos à mão, datilografados ou impressos. Dessa forma, através do OCR é possível obter um arquivo de texto editável por um computador.

Em um sistema OCR típico, os caracteres de entrada são digitalizados por um scanner óptico. Cada caractere é então localizado e segmentado, e a imagem do caractere resultante é alimentada em um pré-processador para redução de ruído e normalização. Certas características são extraídas do personagem para classificação. A extração de recursos é crítica e existem muitas técnicas diferentes, cada uma com seus pontos fortes e fracos. Após a classificação, os caracteres identificados são agrupados para reconstruir as cadeias de símbolos originais e o contexto pode então ser aplicado para detectar e corrigir erros. O reconhecimento óptico de caracteres tem muitas aplicações práticas diferentes. As principais áreas em que o OCR tem sido

importante são a entrada de texto (automação de escritório), a entrada de dados (ambiente bancário) e a automação de processos (classificação de correspondência) (EIKVIL, 1993, p. 12).

2.2.10 Leitura automática de placas (LAP)

Os sistemas de reconhecimento automático de placas – LAP são aqueles que, ao detectar a passagem de um veículo por meio de sensores, registram a imagem com foco na região da placa de identificação e depois fazem o reconhecimento da placa por meio de *softwares* com essa finalidade (BERNARDI *et al.*, 2015).

O LAP é uma utilização específica do OCR, onde o veículo ao passar pelo equipamento, tem sua placa reconhecida. Os dados coletados pelos equipamentos, como a contagem classificada e a leitura de placas, somente são utilizados para fins de fiscalização eletrônica, mas são grandes dados gerados, que podem ser utilizados para fins de planejamento, onde pode se coletar a maioria das placas possíveis de serem lidas pelos sistemas de LAP.

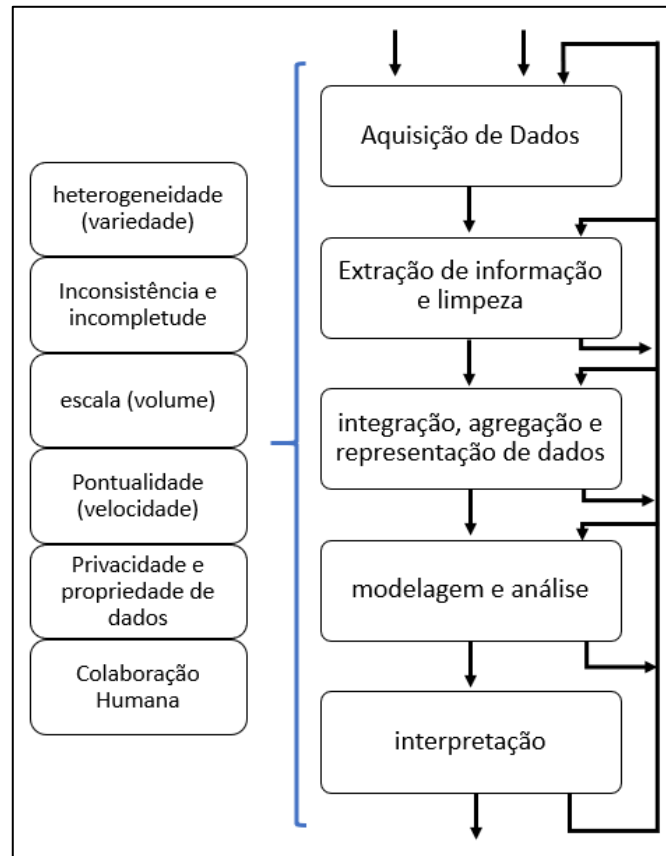
2.3 Tecnologias

Esse tópico apresenta as tecnologias utilizadas para desenvolvimento da metodologia.

2.3.1 Big Data

Big Data é referido como alto volume, alta velocidade e alta variedade de ativos de informação que demandam custo-benefício, formas inovadoras de tratamento da informação para melhor percepção e tomada de decisões (HARTEINSTEIN *et al.*, 2010). Uma definição detalhada de *Big Data* considera: (1) quantidade massiva de dados, (2) vários tipos de dados, (3) alta velocidade de geração e atualização de dados, (4) veracidade (incerteza para além do ruído) das informações recolhidas, bem como (5) valor significativo (HUANG *et al.*, 2015).

Os métodos de *Big Data* estão preocupados em resolver problemas de nível de sistema que não pode ser resolvido através de abordagens tradicionais. A Figura 4 ilustra a racionalização da análise de *Big Data* (JAGADISH *et al.*, 2014).

Figura 4 – Racionalização da análise de *Big Data*

Fonte: JAGADISH *et al.*, 2014

O fluxograma de JAGADISH *et al.* (2014), descreve as seguintes etapas: a primeira etapa inclui a aquisição e seleção das informações necessárias para resolver o problema. No próximo passo, o pré-processamento dos dados é efetuado para eliminar os dados não desejados e reter os dados essenciais. Isso é especialmente vital para informações coletadas por sensores que captam ruídos, por natureza, e é necessário para expulsar vulnerabilidades dos dados do sensor. Na fase seguinte, é realizado o processo de integração, agregação e representação dos dados. O quarto passo explora novas descobertas fora do processo de informação utilizando abordagens estatísticas e analíticas. Na fase final, os diagramas ilustram a informação para a compreensão dos humanos e para a tomada de decisões. Atualmente as indústrias começam a adotar um sistema digital de representação de dados o que leva a quantidade massiva de dados. Algumas das diferentes áreas de aplicação do *Big Data* são a engenharia, saúde, transportes, negócios, governo, entretenimento, serviços de localização e monitorização, etc. O *Big Data* ajuda as organizações a fornecerem serviços úteis resolvendo

diferentes problemas e questões integradas como o armazenamento, escalabilidade, processamento, pontualidade, privacidade e segurança de informação.

2.3.2 Sistema de gestão de banco de dados (SGBD)

Segundo Oliveira *et al.* (2018), um banco de dados é uma ferramenta para armazenar e organizar informações. Banco de dados relacional é todo banco de dados cujo armazenamento é realizado em relações de tabelas. Cada relação é composta de tuplas (ou registros) e atributos (ou colunas). Cada registro na tabela é identificado por um campo chave que contém um valor único.

Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) é um aplicativo informático que oferece uma interface entre os dados que são armazenados fisicamente na base de dados e o utilizador (RIBEIRO, 2018). Oliveira *et al.* (2018) complementam esse conceito: um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) é um sistema de *software* que define a maneira como os dados serão armazenados e como serão manipulados.

A necessidade de entender o uso de um banco de dados é devido aos grandes volumes de dados que os equipamentos de fiscalização eletrônica podem gerar.

2.4 Trabalhos correlatos

O tema dessa pesquisa tem sido pesquisado pela comunidade acadêmica, através de algumas formas de estimar matrizes de tráfego, seja por método manual de coleta de placas ou utilização de dados dos equipamentos de fiscalização eletrônica.

Pinto *et al.* (1996) descreveram uma metodologia para coleta e análise de dados de circulação, para elaboração de uma matriz de deslocamentos. Foram levantados em campo amostras de placas de automóveis e contagem extensiva do fluxo de veículos de forma manual.

Monteiro (2004) dissertou sobre o potencial dos EFE para coleta de informações detalhadas sobre o fluxo de tráfego e fez um levantamento das características técnico-operacionais dos dispositivos eletrônicos de velocidade, das metodologias de análise e medição dos tempos de viagens urbanas de forma a subsidiar o desenvolvimento de um procedimento de gerenciamento do tráfego urbano utilizando as informações coletadas pelos dispositivos eletrônicos.

Castilho *et al.* (2008) tratam do problema de reconstrução e estimativa de matriz de viagem e fluxo de caminho com base em varredura de placas e observações de fluxo de ligação. Esse trabalho possui uma metodologia bem similar à desenvolvida nesse trabalho, com a diferença que não foram utilizados os dados de contagem classificada para ajustar e expandir a matriz.

Barroso *et al.* (2019) apresentaram um método de consolidação de dados de fiscalização eletrônica para a obtenção de séries temporais de volumes de tráfego e de fluxos origem-destino para diferentes períodos do dia. O método proposto foi aplicado para gerar séries de tráfego a partir dos dados do sistema de fiscalização eletrônica na cidade de Fortaleza/CE, contribuindo para identificar dados suspeitos e atípicos, definir períodos representativos do tráfego veicular e viagens entre zonas do meio urbano.

A existência de poucos artigos correlatos se dá por conta da dificuldade de acesso aos dados dos equipamentos de fiscalização eletrônica. Algumas informações desses equipamentos têm por contrato cláusulas de sigilo e, na maioria das cidades, mesmo com a contagem classificada, não se tem uma disponibilização dos dados. Outros pesquisadores estrangeiros, estão buscando formas de desenvolver matrizes a partir de dados de celulares ou buscando formas de gerar matrizes para envio de dados em tempo real para veículos (FABRITIIS, *et al.*, 2008, MOGELMOSE *et al.*, 2012, LU *et al.*, 2018).

O tema pesquisado nesse trabalho contribui de forma criar uma metodologia de uso e aproveitamento de dados coletados pelas cidades para tomada de decisão em planos de mobilidade.

3 METODOLOGIA

Esse capítulo apresenta o método científico utilizado, o *framework* da pesquisa e as etapas da metodologia.

Existem diversos tipos de classificação para uma pesquisa científica e a combinação dessas classificações permite que o pesquisador escolha o método mais eficiente (FONTELLERES *et al.*, 2009).

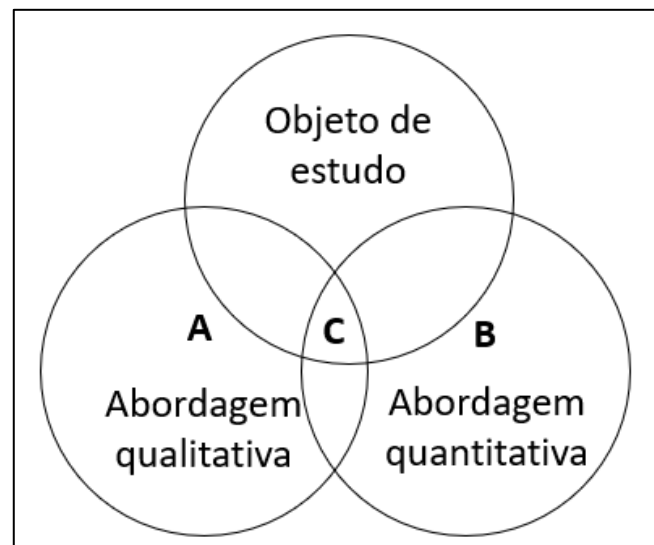
Segundo Dresch (2013), há uma lacuna quando se empregam exclusivamente as ciências tradicionais (ciências naturais e sociais) para a condução de pesquisas tecnológicas. As pesquisas que têm o foco em estudar a resolução de problemas não conseguem se sustentar no paradigma das ciências tradicionais. Como esse trabalho envolve processos qualitativos e quantitativos, a metodologia escolhida foi a *Mixed Methods Research*.

3.1 *Mixed Methods Research*

Para Creswell (2012), os dados quantitativos, como números e indicadores, podem ser analisados com auxílio da Estatística (frequência, média, mediana, moda, etc.) e revelar informações úteis, rápidas e confiáveis a respeito de um grande número de observações. Segundo o autor, as técnicas qualitativas, como entrevistas abertas, fornecem informações sobre a própria fala dos entrevistados, oferecendo diferentes perspectivas sobre o tema e delineando os aspectos subjetivos do fenômeno.

Tanto as técnicas quantitativas quanto as qualitativas têm potencialidades e limitações. Em geral, elas são utilizadas com propósitos distintos. A vantagem da integração consiste em retirar o melhor de cada uma para responder uma questão específica (PARANHOS *et al.*, 2016). A Figura 5 ilustra o argumento.

Figura 5 – Complementariedade das abordagens



Fonte: Gorard e Taylor, 2004 – adaptada pelo autor, 2020

O objetivo da ciência é descrever, interpretar, explicar e prever a realidade. Cada abordagem tem a sua contribuição específica (A ou B). A integração permite que uma área inexplorada (C) seja incorporada ao modelo analítico, favorecendo a construção de um desenho de pesquisa mais robusto. (PARANHOS, *et al.*, 2016)

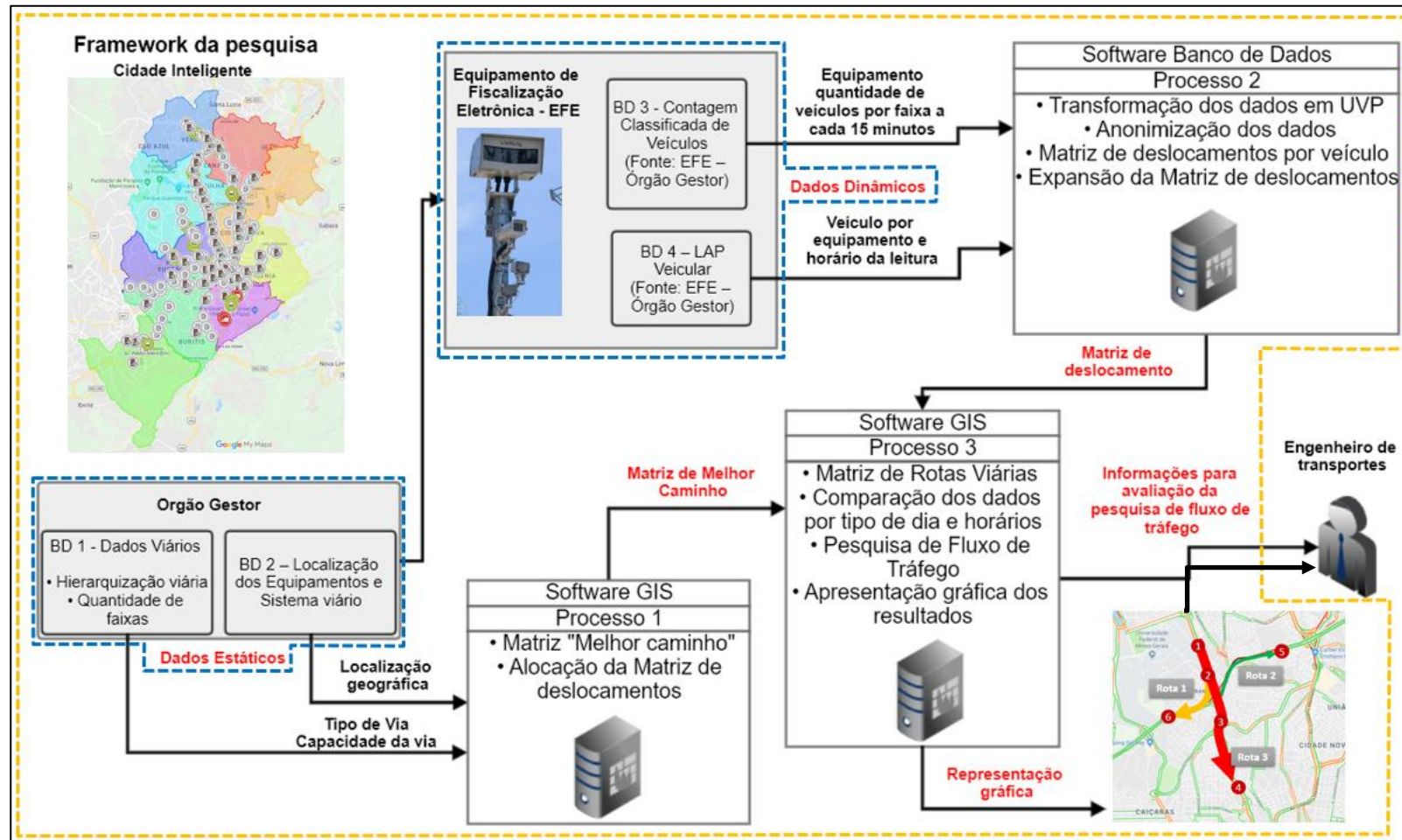
CRESWELL & CLARK (2011) definem métodos mistos como um procedimento de coleta, análise e combinação de técnicas quantitativas e qualitativas em um mesmo desenho de pesquisa. O pressuposto central que justifica a abordagem multimétodos é o de que a interação entre eles fornece melhores possibilidades analíticas.

Nesse trabalho foi utilizada uma análise quantitativa, onde dados quantitativos da matriz de deslocamentos e uma análise qualitativa, com entrevistas com especialistas em engenharia de transportes, são tratados para validação do modelo desenvolvido.

A Figura 6 apresenta o *framework* da pesquisa.

3.2 Framework da pesquisa

Figura 6 – Framework da pesquisa



Fonte: o autor, 2020

A metodologia da pesquisa descrita nesse trabalho (Figura 6) é definida em duas etapas: coleta e processamento de dados, com o objetivo de transformar dados coletados pela cidade e transformá-los em conhecimento para mobilidade urbana. A pesquisa iniciou com a coleta de quatro bancos de dados de informações, sendo dois bancos estáticos, com informações sobre hierarquização viária e localização dos equipamentos de fiscalização eletrônica e dois de dados dinâmicos, de contagem classificada de veículos e de leitura automática de placas.

De posse dos bancos, iniciam os processos de geração de matrizes, sendo o processo 1, com dados dos bancos de dados 1 e 2, gerando a matriz de melhor caminho, uma matriz de caminhamento dentro da rede, ligando um EFE ao outro. O processo 2, utilizando os bancos de dados 3 e 4, sendo gerada a matriz de deslocamentos, uma matriz OD de veículos, identificando os EFE em que eles foram registrados. O processo 3 é a união das duas matrizes, a fim de se obter o resultado da pesquisa de fluxo de tráfego. Esse processo gera por resultado uma matriz e uma representação gráfica dos fluxos de tráfego.

Por fim, como uma etapa adicional, os resultados gerados serão submetidos a avaliação qualitativa de engenheiros de transportes especialistas em tráfego, para comprovação da metodologia aplicada.

3.3 Métodos e técnica necessários

Para desenvolvimento do *framework* proposto na Figura 6 são necessários os seguintes métodos e técnicas:

- Dados GPS: Latitude, Longitude, data, hora, velocidade
- Banco de dados principal: dados de tráfego da cidade (equipamentos de fiscalização eletrônica e outros dispositivos)
- *Software Big Data*: filtro do banco de dados
- Dados primários: modo de transporte – somente motorizado
- Característica viária: largura da via, número de faixas, classificação viária
- *Software GIS*: base viária
- Tratamento de dados: com os dados de posicionamento geográfico, fornecidos pelo banco de dados do GPS, cruza-se a informação da contagem classificada de veículos, realizada pelo equipamento de fiscalização eletrônica de quantos veículos passam por aquele *link* por um determinado intervalo de tempo. Cruzando com os dados das características viárias pode-se determinar a capacidade da via e seu nível de ocupação

gerando um gráfico em cores. Juntamente com o banco de dados de dos equipamentos de fiscalização eletrônica das cidades pode-se identificar os movimentos viários cruzando a leitura das placas nos radares que possuem a leitura ótica de caracteres (OCR) e determinar os fluxos de veículos da cidade e a velocidade média de deslocamento dos principais eixos viários.

- Fluxo em eixos viários (metodologia quantitativa): contagem de veículos por *link* viário

Nos tópicos a seguir são apresentados os detalhamentos das etapas da pesquisa.

3.4 Etapa 1 – Coleta de dados

Segundo Gil (2006), para a realização da pesquisa é necessário o emprego de técnicas de coleta de dados. As técnicas são procedimentos que operacionalizam os métodos. Para todo método de pesquisa correspondem uma ou mais técnicas. Estas estão relacionadas com a coleta de dados, isto é, a parte prática da pesquisa.

Os dados estáticos coletados nessa pesquisa são os dados viários e as localizações dos equipamentos.

- Dados viários, correspondente ao banco de dados 1: todo município acima de vinte mil habitantes tem por obrigação a elaboração de Plano Diretor, segundo a Constituição Federal (BRASIL, 1988). Um dado comumente constante nos Planos Diretor é a hierarquização viária, instrumento importante no planejamento da cidade. Dado esse fundamental para este trabalho onde foi utilizado na definição dos caminhos mínimos. Junto a hierarquização podemos, através de dados relativos à quantidade de faixas de cada via, definir outro parâmetro importante que é a capacidade da via. A informação disponibilizada por via é: tipo de via e número de faixas tráfego.
- Localização dos equipamentos, corresponde ao banco de dados 2: Se uma cidade possui equipamentos de fiscalização eletrônica - EFE, faz a sua instalação de acordo com estudos de segurança viária e, como são equipamentos fiscalizadores, é necessário ter sua localização cadastrada para fins de emissão de autuações. O CTB exige para fins de registro de uma autuação a anotação de local, data e hora (Brasil, 1997). A informação disponibilizada por equipamento é o endereço, sentido de operação e quantidade de faixas fiscalizadas.

Como esses dois bancos de dados sofrem mudanças muito pontuais, são considerados estáticos. Essas informações são disponibilizadas pelo município através de seu Diário Oficial, mas podem ser disponibilizadas por um arquivo geográfico GIS (sistema de informação geográfica), no caso de cidade digital.

Os dados dinâmicos são coletados pelos equipamentos de fiscalização eletrônica, que dependem do fluxo de tráfego, que podem variar por diversos motivos, caracterizando assim, como dados dinâmicos.

- CCV, banco de dados 3: contém a contagem classificada de veículos, realizada pelos EFE, que são armazenadas em um banco formato CSV, por equipamento, dia, faixa e dividido de 15 em 15 minutos.
- LAP, banco de dados 4: contém o registro de veículos que passaram no local onde existe o equipamento instalado, realizando a leitura automática de placas (LAP), independente se o veículo foi autuado. O banco gerado armazena por equipamento os dados de placa, data e hora de passagem desse veículo. Pode ser disponibilizado em formato CSV ou através de um banco de dados SQL.

O Quadro 2 apresenta, de forma sintética, a estrutura de dados utilizada nessa pesquisa

Quadro 2 – Estrutura sintética dos bancos de dados

Descrição	Formato dos dados	Estrutura
Hierarquização viária	Arquivo GIS ou CSV	ID rua, nome rua, tipo de via
Quantidade de faixas de tráfego		ID link, ID rua, nome rua, quantidade de faixas
Localização dos equipamentos de fiscalização eletrônica - EFE		ID EFE, endereço (ID rua, nome rua e numeração), sentido de fiscalização, quantidade de faixas fiscalizadas
Contagem classificada de veículos por EFE	Arquivo CSV	ID EFE, data, tempo (agregado a cada 15 minutos), contagem classificada (automóveis, motocicletas e ônibus/caminhão)
Leitura automática de Placas por EFE	Arquivo CSV ou SQL	ID EFE, data, hora de leitura, ID da placa

Fonte: o autor, 2020

A estrutura apresentada no Quadro 2 é a representação de dados mínimos necessários para a pesquisa. É desejável que sejam disponibilizados nesse formato, mas caso a cidade não seja organizada de forma a ter essas bases de dados consolidadas, esse tipo de trabalho pode ser preparado anteriormente, inserindo as informações diretamente no *software* GIS.

3.4.1 Processamento dos dados

Os processamentos foram realizados através de cruzamento de dados entre os bancos. Como o volume de dados é enorme foram selecionados *softwares* que trabalham com grandes volumes de dados (*Big Data*), e tem interface com sistemas geográficos. O resultado desse processamento é uma matriz quantitativa de veículos por *link* da rede.

3.5 Etapa 2 – Geração da matriz de melhor caminho

A etapa de tratamento de dados é uma preparação dos dados para que sejam utilizados da forma adequada pelo Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) escolhido para cada tipo de tratamento. Os dados precisam ser organizados em formato de banco de dados para que possam ser processados pelo SGBD.

A geração da matriz de melhor caminho é uma das etapas do trabalho, onde é realizada a construção de uma matriz de caminhamento na rede viária para definir o menor caminho entre os equipamentos de fiscalização eletrônica.

Como não é possível determinar o caminhamento de cada veículo dentro da rede, pode-se estimar e alocá-los dentro de um padrão, que seria o mais lógico de um veículo realizar ao tomar a decisão de deslocamento, baseado em distância e tempo.

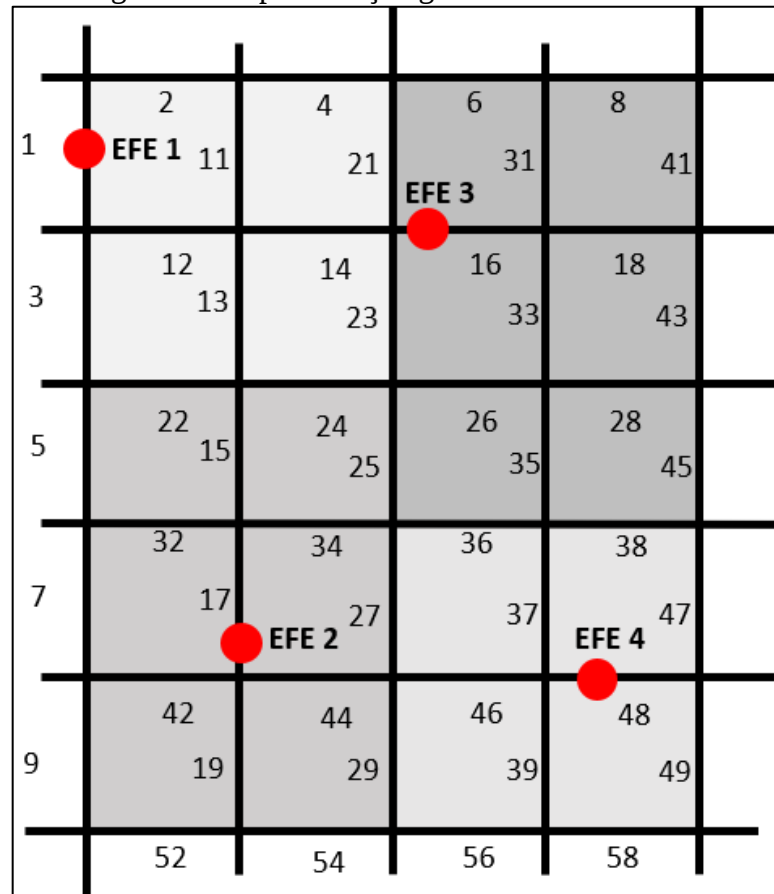
Para gerar a matriz, a partir de uma base geográfica, insere-se o banco de dados 1, que através do ID Rua, pode-se inserir nos *links* da rede as informações sobre a hierarquização viária. Com a hierarquização viária, utiliza-se a definição de velocidade regulamentada pelo CTB. O banco de dados 2 fornece a quantidade de faixas da via, que pode ser adquirida com uma busca da informação pelo ID do *link*.

Na base geográfica completa e organizada, foi aplicado o algoritmo de Dijkstra, para gerar a matriz de menor caminho entre os ETE. Conforme CORMEN *et al.* (2009), o algoritmo Dijkstra funciona dado um grafo G, um vértice inicial I, e um vértice final D, um conjunto de

arestas E com pesos não-negativos, o algoritmo de Dijkstra sempre calcula o caminho de menor custo entre I e D.

Para implementar o algoritmo, é calculado o tempo por *link*, para determinar o melhor caminho entre 2 equipamentos de fiscalização eletrônica disponibilizados na rede. Esse procedimento foi realizado em *software* GIS e o resultado esperado é uma matriz de *links* disposta na Figura 7 e na Tabela 2:

Figura 7 – Representação gráfica da rede de *links*



Fonte: o autor, 2020

A Tabela 2 representa o resultado matricial da Figura 7.

Tabela 2 – Matriz OD de melhor caminho

Origem	Destino	Links
EFE 1	EFE 2	1, 3, 22, 15, 17
EFE 1	EFE 3	1, 12, 14, 16

Origem	Destino	Links
EFE 1	EFE 4	1, 3, 5, 7, 42, 44, 46, 48
EFE 2	EFE 1	17, 42, 7, 5, 3, 1
EFE 2	EFE 3	17, 19, 54, 56, 39, 37, 35, 33, 16
EFE 2	EFE 4	17, 44, 46, 48
EFE 3	EFE 1	16, 31, 6, 4, 2, 1
EFE 3	EFE 2	16, 23, 25, 34, 17
EFE 3	EFE 4	16, 18, 43, 45, 38, 37, 48
EFE 4	EFE 1	48, 46, 44, 42, 7, 5, 3, 1
EFE 4	EFE 2	48, 46, 44, 17
EFE 4	EFE 3	48, 47, 38, 36, 25, 23, 16

Fonte: o autor, 2020

A escolha dos *links* se dá através da velocidade, de acordo com a hierarquização viária.

3.6 Etapa 3 – Geração da matriz de deslocamentos

Outra etapa importante é a geração da matriz de deslocamentos. Para gerar a matriz, foi necessário organizar os dados absolutos gerados pelos bancos de dados 3 (CCV) e 4 (LAP).

3.6.1 Passo 1 – Transformação em veículo padrão

O primeiro passo da organização dos dados é a transformação dos dados do banco de dados 3 em UVP (unidade veículo padrão). Para transformar em unidade veículo padrão foi utilizada a Tabela 3.

Tabela 3 – Peso por classe de veículo

Classe	Peso
Automóvel	1,00
Motocicleta	0,50
Ônibus e Caminhão	2,25

Fonte: Contran, 2014 – adaptada pelo autor, 2020

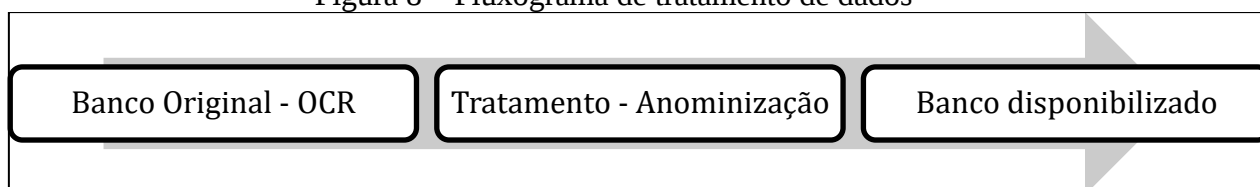
A maioria dos EFE tem a limitação de classificar os veículos em três classes, sendo que ônibus e caminhões são da mesma classe.

A transformação é uma multiplicação simples, multiplicando a contagem classificada pelo peso da classe do veículo, transformando essa classe na classe de automóveis, que representa o veículo padrão.

3.6.2 Passo 2 – Anonimização dos dados

Por conta de os dados coletados por EFE serem possíveis de rastreamento, os dados são anonimizados, de forma transformar as placas em ID aleatórios. Essa anonimização deve ser realizada em um processamento anterior a disponibilização dos dados, conforme organograma (Figura 8):

Figura 8 – Fluxograma de tratamento de dados



Fonte: o autor, 2020

O tratamento de dados se dá através de um processamento da seleção da coluna de registro de placas veiculares do banco original, copiando para outro banco de dados auxiliar, onde os registros foram transformados em registros únicos e gerado um identificador único (ID) e aleatório para cada placa. Após a criação desse ID, para o banco disponibilizado, foram coletados os ID's através da busca da placa no auxiliar e ocultado o campo de placas veiculares.

Os dados devem ser disponibilizados pela cidade anonimizados, como forma de garantir o sigilo desse campo de placas e por força de contrato com as empresas terceirizadas

proprietárias dos EFE. Na maioria dos contratos é garantido o sigilo de alguns dados e a placa dos veículos é um desses dados.

Além de respeitar os contratos entre o órgão gestor e o fornecedor do equipamento, deve-se observar as diretrizes da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), lei 13.709 de 2018, a qual “dispõe sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural.” (Brasil, 2018)

3.6.3 Passo 3 – Geração da matriz de deslocamentos

A matriz de deslocamentos foi elaborada através do processamento do bando de dados 4, já anonimizado. Para esse processo, foi utilizado o ID do veículo para rastrear em quais equipamentos esse ID foi identificado.

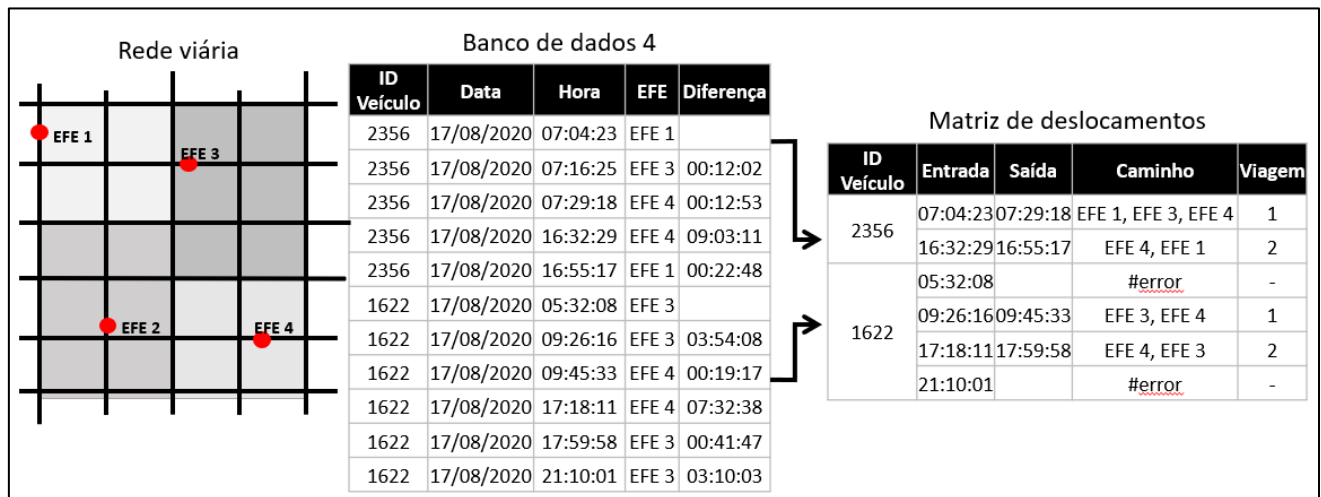
Esse processamento contou com alguns processos importantes para maior assertividade da matriz.

- Processo 1 – veículos com registro único: se um ID de veículo for identificado somente uma vez, esse foi excluído da elaboração da matriz, por não ser possível a sua identificação de destino;
- Processo 2 – classificação dos veículos por data e hora: para melhor organização da matriz, foram classificados o ID veículo, data e hora de forma crescente, para se identificar as entradas dos veículos na rede;
- Processo 3 – veículos com registros com diferença de tempo maiores que duas horas. Esse critério foi adotado para identificar as entradas de um veículo na rede.

Após aplicação dos processos foi gerada a matriz de deslocamentos. Essa matriz tem como base determinar o caminhamento dos veículos por equipamento. Através do ID do veículo foi determinado o seu caminhamento pelos equipamentos.

A matriz foi gerada conforme a representação da Figura 9, apresentando a rede viária, o banco de dados e a matriz de deslocamentos.

Figura 9 – Geração matriz de deslocamentos



Fonte: o autor, 2020

Após gerar a matriz, foram realizados seguintes ajustes:

- Processo 4 – comparação das placas coletadas pelo equipamento e os veículos contabilizados por esse equipamento via contagem classificada (valores absolutos). Para que a amostra seja considerada válida, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, chamado de coeficiente de determinação R^2 . Trata-se de uma medida de ajustamento do modelo de regressão linear, apontando, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Quanto maior o valor de R^2 (próximo de 100%), mais explicativo é o modelo e melhor ele se ajusta à amostra. Muitos problemas de pesquisa envolvem explorar as relações entre duas ou mais variáveis independentes (MONTGOMERY, 2012). Nesses casos, as análises podem ser generalizadas para um modelo de regressão linear múltipla (BOSCHETTI, 2018). De acordo com WARPOLE, 2012 a variável resposta Y é estimada pelo modelo de regressão linear múltipla para o caso de um número k de variáveis independentes, como pode ser observado na equação 4.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

- y é a variável dependente desejada;

- $x_1, \dots, x_k$ são as amostras das variáveis independentes;
 - β_0 é a interseção do plano ($x=0$);
 - $\beta_1, \dots, \beta_k$ são os coeficientes associados a cada variável x .
- Processo 5 – transformação da matriz de deslocamento de veículos por equipamento para equipamento para equipamento;
 - Processo 6 – expansão dos dados de leitura de placa com os dados da contagem classificada em UVP. A expansão se deu através da multiplicação percentual dos veículos coletados na origem e do valor encontrado de cada equipamento (valor do par dividido pela soma da origem, multiplicado pelo valor em UVP).

A execução desses processos garante que se trabalhe com dados mais próximos da realidade. O resultado do processamento está demonstrado na Figura 10.

Figura 10 – Tratamento matriz de deslocamentos

Matriz de deslocamentos

Veículo por EFE

ID Veículo	Entrada	Saída	Caminho
2356	07:04:23	07:29:18	EFE 1, EFE 3, EFE 4
	16:32:29	16:55:17	EFE 4, EFE 1
1622	05:32:08		#error
	09:26:16	09:45:33	EFE 3, EFE 4
	17:18:11	17:59:58	EFE 4, EFE 3
	21:10:01		#error
8500	07:50:32	08:10:33	EFE 1, EFE 2
	19:25:12	20:02:44	EFE 2, EFE 4, EFE 3
12560	07:50:48	08:10:29	EFE 1, EFE 2
	17:55:25	18:57:20	EFE 2, EFE 3

Matriz de deslocamentos

Par EFE

Filtro: Total		Destino			
		EFE 1	EFE 2	EFE 3	EFE 4
Origem	EFE 1		2	1	
	EFE 2			1	1
	EFE 3				2
	EFE 4	1		2	

Filtro: 07:00:00		Destino			
		EFE 1	EFE 2	EFE 3	EFE 4
Origem	EFE 1		2	1	
	EFE 2				
	EFE 3				1
	EFE 4				

Fonte: o autor, 2020

A expansão da matriz está representada na Figura 11.

Figura 11 – Expansão matriz de deslocamentos

Matriz de deslocamentos Par EFE								Matriz de deslocamentos Par EFE - Expandida							
Filtro: Total		Destino						Filtro: Total		Destino					
		EFE 1	EFE 2	EFE 3	EFE 4	Total	UVP - BD3			EFE 1	EFE 2	EFE 3	EFE 4	Total	UVP
Origem	EFE 1		2	1		3	4,25	Origem	EFE 1	0	2,83	1,42	0	4,25	
	EFE 2			1	1	2	2,75		EFE 2	0	0	1,38	1,38	2,76	
	EFE 3				2	2	1,5		EFE 3	0	0	0	1,5	1,5	
	EFE 4	1		2		3	3,25		EFE 4	1,08	0	2,17	0	3,25	
	Total	1	2	4	3	10	11,75		Total UVP	1,08	2,83	4,97	2,88	11,76	

Fonte: o autor, 2020

Com a matriz de deslocamento expandida, podemos trabalhar na união das duas matrizes, para obtenção da pesquisa de fluxo de tráfego.

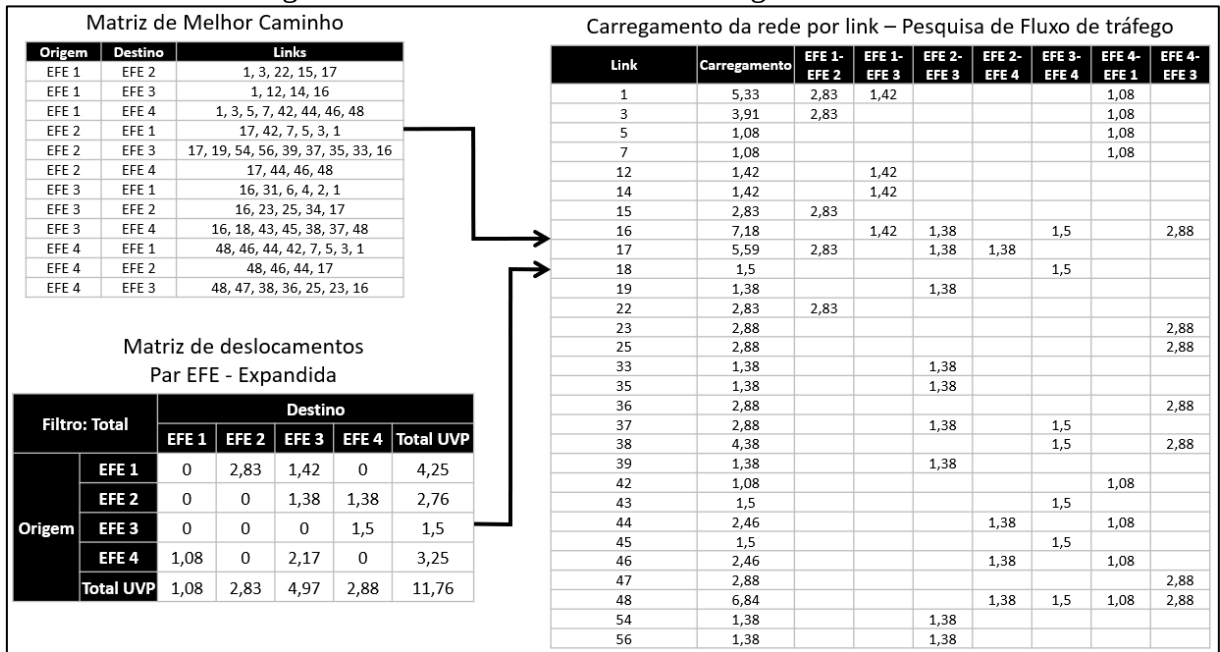
3.7 Etapa 4 – Obtenção da pesquisa de fluxo de tráfego

De posse das matrizes de melhor caminho e deslocamentos, na etapa 4 faz-se a junção das matrizes de forma obter a pesquisa de fluxo de tráfego. Como a matriz de melhor caminho é uma matriz de *links*, a matriz de deslocamentos será utilizada para carregar os *links* da rede.

A Figura 12 ilustra o tratamento de dados, onde sabendo-se na matriz de melhor caminho quais *links* compõem cada par OD, os valores calculados na matriz de deslocamentos expandida serão atribuídos aos seus respectivos *links* de acordo com o par OD. Após a atribuição de valores aos links, somam-se todos os valores por link gerando assim o carregamento de cada *link*.

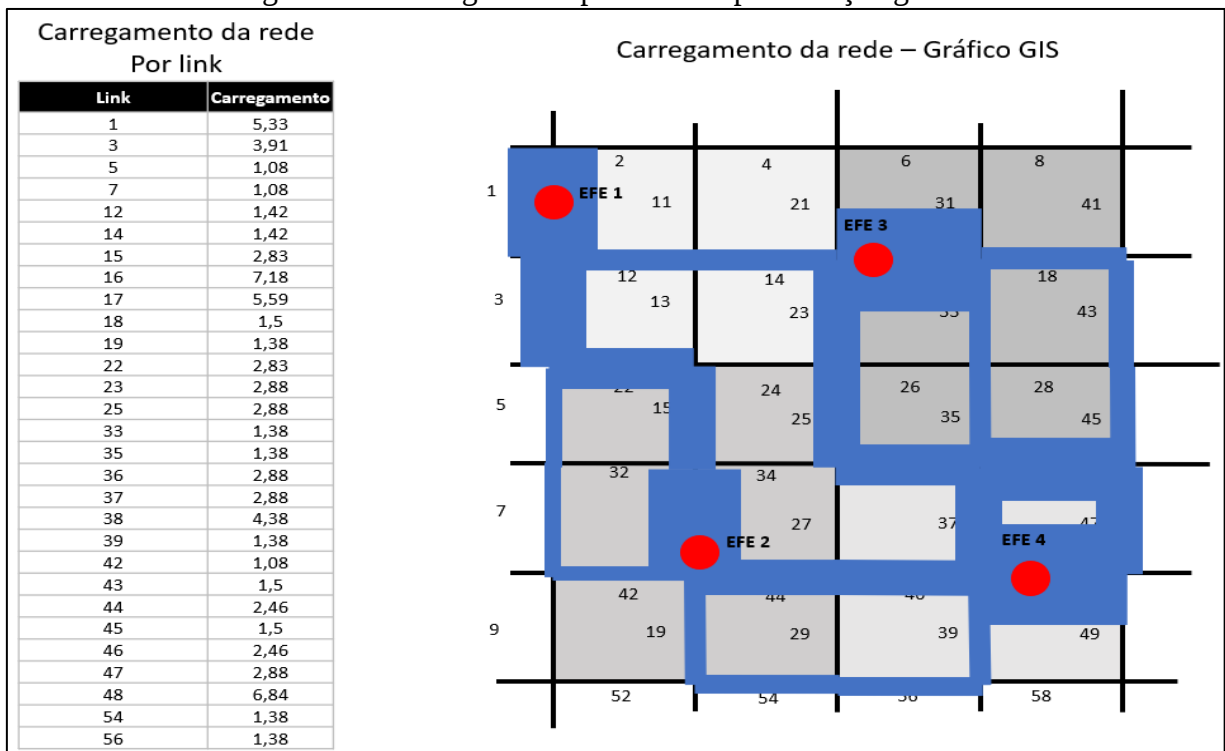
Como se trata de um grande volume de dados, o processamento deve utilizar *softwares* específicos para esse tratamento (*Big Data*).

Figura 12 – União das matrizes e carregamento da rede



Fonte: o autor, 2020

A Figura 13 é a representação gráfica do carregamento da rede, onde a espessura do *link* em azul, representa a quantidade de veículos que passam pelo *link*. Esse processamento gráfico e sua representação são gerados no *software* GIS.

Figura 13 – Carregamento por *link* e representação gráfica

Fonte: o autor, 2020

Essa representação pode ser distribuída ao longo do dia de acordo com o horário de filtragem da matriz, que nessa pesquisa foi agregada de diversas formas, de acordo com a necessidade do estudo.

Para validar a pesquisa foram utilizadas as técnicas de Regressão Linear e Estatística GEH.

A Regressão Linear visa avaliar e mensurar a existência de relação linear entre duas ou mais variáveis. A equação 2 mostra a formulação genérica para duas variáveis, uma denominada dependente e outra independente.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

- y é o valor estimado da variável dependente;
- x é a variável independente;
- β_0 é o ponto de interseção da reta com o eixo y (x=0);
- β_1 é a declividade da reta.

O melhor ajuste da reta de regressão é obtido pela minimização da soma dos quadrados dos desvios entre os valores observados e os estimados da variável dependente. A verificação do grau de relação linear entre as variáveis pode ser realizada através do coeficiente de correlação linear R, também denominado de coeficiente de Pearson, o qual mede a força e direção de uma relação linear entre duas variáveis e pode ser calculado através da equação 3. LARSON e FABER, 2010

$$R = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

- n é o número de amostras de dados;
- x são as amostras de variável independente;
- y são as amostras de variável dependente.

O coeficiente de correlação varia dentro de uma amplitude de -1 para 1. Valores próximos a 1 indicam relações lineares positivas fortes, nos quais x e y são diretamente proporcionais; analogamente, valores próximos a -1 referem-se a relações lineares negativas, nos quais as variações dos valores de x implicam em variações em y , em sentido contrário (quando x aumenta, y decresce e vice-versa). Quando r está próximo de zero, as relações lineares são fracas ou praticamente nulas.

O quadrado do coeficiente de correlação de Pearson é chamado de coeficiente de determinação R^2 . Trata-se de uma medida de ajustamento do modelo de regressão linear, apontando, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Quanto maior o R^2 (próximo de 100%), mais explicativo é o modelo e melhor ele se ajusta à amostra.

Muitos problemas de pesquisa envolvem explorar as relações entre duas ou mais variáveis independentes. (MONTGOMERY, D, *et al*, 2012) Nesses casos, as análises podem ser generalizadas para um modelo de regressão linear múltipla (BOSCHETTI, G, 2018). De acordo com WARPOLE, *et al*, 2012 a variável resposta Y é estimada pelo modelo de regressão linear múltipla para o caso de um número k de variáveis independentes, como pode ser observado na equação 4.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

- y é a variável dependente desejada;
- $x_1, \dots, x_k$ são as amostras das variáveis independentes;
- β_0 é a interseção do plano ($x=0$);
- $\beta_1, \dots, \beta_k$ são os coeficientes associados a cada variável x .

A segunda técnica empregada neste estudo consiste na Estatística GEH, através da qual é possível comparar individualmente os fluxos horários para cada ponto de coleta definido, verificando o grau de semelhança entre os dias comparados.

A Estatística GEH é um índice bastante difundido na área de modelagem de tráfego para comparar dois conjuntos de fluxos horários de veículos, sendo inclusive recomendada por

alguns dos principais órgãos reguladores de tráfego do mundo, como a FHWA nos EUA, a ARRB na Austrália ou a *Highways Agency* no Reino Unido.

Embora sua fórmula matemática seja semelhante a um teste qui-quadrado, este não é um verdadeiro teste estatístico (FELDMAN, 2012). Trata-se, portanto, de uma fórmula empírica que se provou útil para uma variedade de fins de análise de tráfego, sendo mais tolerante a desvios em fluxos menores e mais rigoroso com os fluxos mais elevados. A equação 5 mostra como é calculada a estatística GEH:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(X - Y)^2}{(X + Y)}} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

- X = volume de tráfego de referência;
- Y = volume de tráfego de pesquisa.

Como valores de referência, consideram-se bons ajustes GEH inferior a 5 e razoáveis entre 5 e 10; valores superiores a 10 são considerados inaceitáveis para a modelagem de tráfego.

A literatura registra o emprego da Estatística GEH em diversas situações (CHITTURI, 2014, VAN VLIET, 2015 e CDM, 2014):

1. Comparar contagens de tráfego realizadas no mesmo local em períodos diferentes (dias, meses, anos);
2. Validar um modelo de simulação, comparando volumes de tráfego simulados e observados em campo;
3. Comparar e validar contagens de tráfego nos mesmos locais obtidas por duas metodologias diferentes: manuais e automáticas (utilizando tubos pneumáticos, por exemplo);
4. Validar um modelo de previsão de demanda de viagens com os volumes de tráfego obtidos em campo;

5. Ajustar dados de tráfego coletados em momentos diferentes, para criar um conjunto de dados matematicamente consistente.

Dentre os exemplos citados, o presente estudo se assemelha ao item 3, o qual utiliza essa estatística para comparar contagem de tráfego por tipos diferentes de coleta, no caso apurado no banco de dados de contagem classificada e apurado pelo banco de dados de leitura de placas. Em outras palavras, a metodologia compara os dados coletados através da contagem classificada de veículos e das placas coletadas pelo sistema OCR, gerando o resultado dentro desse conceito para indicar a relevância estatística entre esses dados.

3.8 Etapa 5 – Validação do modelo por especialistas

Para que se possa comprovar que esse processamento seja eficaz, os resultados obtidos foram submetidos a 10 profissionais na área de engenharia de transporte que possuem experiência com trabalhos práticos de planos de mobilidade e planejamento urbano.

Esses profissionais fizeram uma avaliação direcionada através de perguntas elaboradas pelo autor de modo a extrair das respostas dos profissionais a melhor avaliação sobre o resultado gerado, apresentando uma análise qualitativa do trabalho.

Foram aplicados questionados aos especialistas. Para cada matriz foi consultado os seguintes itens:

1. A metodologia utilizada para geração da matriz é adequada?
2. A matriz tem aplicação direta nos estudos de engenharia de tráfego?
3. Nos seus estudos e trabalhos, de acordo com as metodologias e softwares que você aplica, a matriz teria utilidade?

Para avaliar as respostas dos especialistas foi utilizada a escala Likert. Para que fosse considerada válida a proposta de metodologia, considerou-se a média das respostas gerais acima de 7.

A escala Likert auxilia a mensurar importância ou intenções de colaboradores e clientes. A escala Likert faz com que os entrevistados expressem seus sentimentos sobre empresas e produtos (MONEY et al., 2003).

Segundo Silveira et al. (2010), a escala Likert é usada em questionários para pesquisa de opinião, analisando seu nível de concordância ou não com a afirmação predefinida. Usualmente são usados cinco níveis: discordo totalmente, discordo parcialmente, indiferente, concordo parcialmente e concordo totalmente, esta escala se torna bipolar à afirmação, pois se pode receber uma resposta tanto positiva quanto negativa, no qual os resultados podem mostrar situações problemáticas dentro das organizações.

Para Alves et al. (2012), a escala Likert permite analisar se as estratégias vêm sendo aplicadas e qual a percepção dos colaboradores sobre elas, de modo a se transformar em vantagem competitiva para a organização.

Segundo Mesquita (2005), a escala Likert verifica o grau de concordância ou não das afirmativas, obtendo-se os resultados através da pontuação atribuída a cada resposta, com base na escala proposta de 5 pontos, as afirmativas com valor de média menor que 3 são consideradas discordantes, e devem ser trabalhadas, para as afirmativas com média maior que 3 são consideradas concordantes e devem manter uma manutenção constante.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo apresenta-se a aplicação da metodologia no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, onde utilizou-se dados disponibilizados pelo órgão gestor do trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS), dados correspondentes ao período compreendido entre 08/08/2020 a 22/08/2020, correspondendo a 14 dias, totalizando 13.621.525 registros de placas capturados por 50 equipamentos de fiscalização eletrônica.

Para a aplicação da metodologia, foram escolhidos o *software* de banco de dados PostgreSQL¹, devido a sua extensão PostGIS que tem interface com o *software* GIS escolhido, o QGIS (Quantum GIS)².

4.1 Aplicação da metodologia

A aplicação da metodologia proposta pode ser avaliada nas etapas a seguir.

4.1.1 Aplicação da etapa 1 – coleta de dados

Iniciou-se a coleta de dados através de duas frentes de trabalho, as coletas dos dados estáticos e dos dados dinâmicos.

A coleta dos dados estáticos ocorreu através da ferramenta disponibilizada pela prefeitura de Belo Horizonte através do site <http://bhmap.pbh.gov.br> (BH Map – Visualizador), pesquisa realizada em outubro de 2020, onde foram realizados os *downloads* dos arquivos em formato *shapefile* das localizações dos equipamentos de fiscalização eletrônica e da classificação viária do município de Belo Horizonte.

Os dados dinâmicos foram solicitados ao órgão gestor de trânsito de Belo Horizonte, BHTRANS, o qual gerencia os contratos de equipamentos de fiscalização eletrônica. Os dados foram disponibilizados por meio de acesso a consulta de banco de dados de uma das fornecedoras dos EFE. Os dados fornecidos estavam anonimizados, o que reduziu um dos processos a serem realizados nas etapas posteriores.

Os equipamentos utilizados para as análises são integrantes do contrato de fiscalização eletrônica para pavimentos em asfalto. Os equipamentos são do tipo laço indutivo das classes

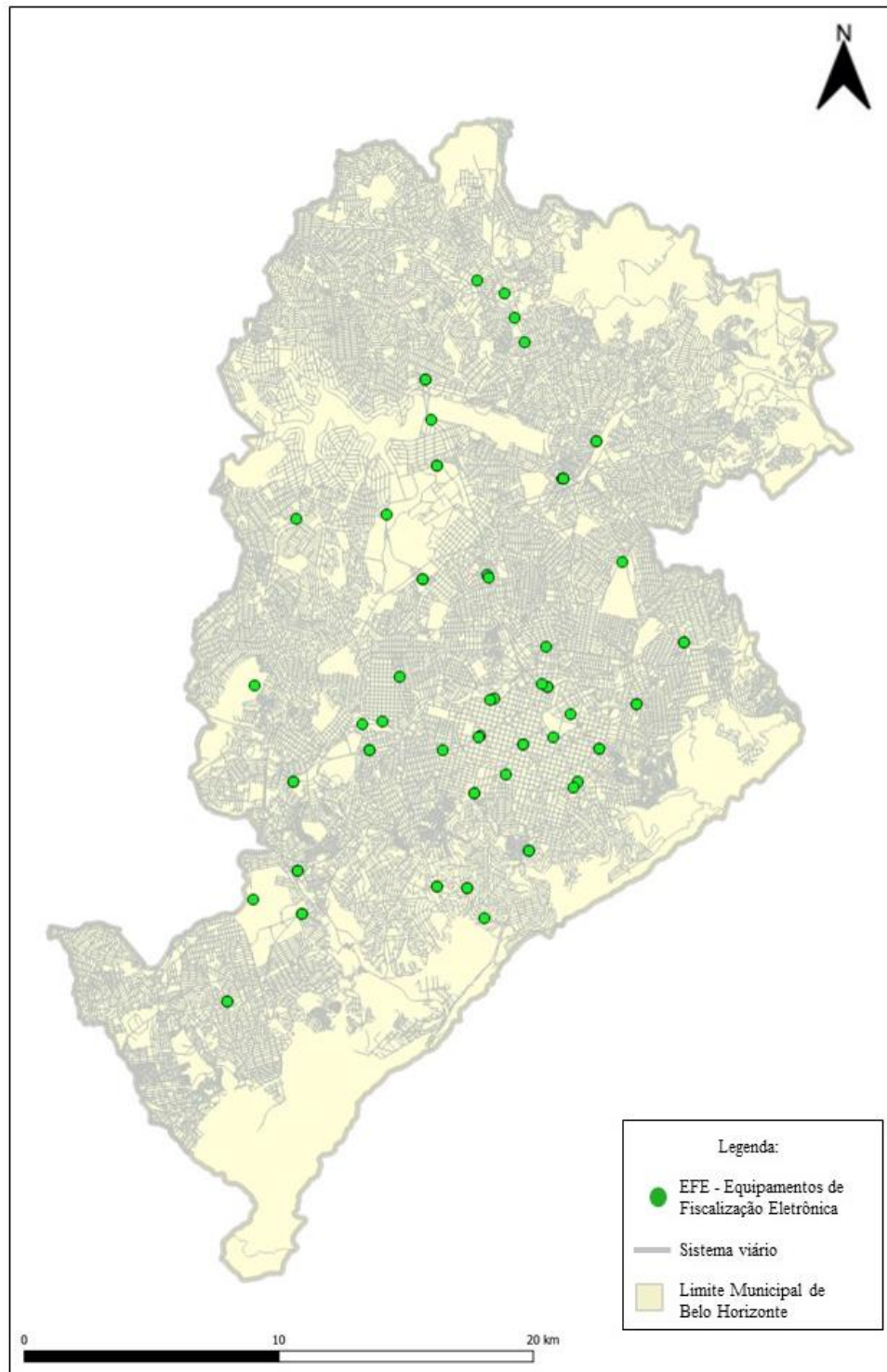
¹ *Software* PostgreSQL obtido através do link: <https://www.postgresql.org/>

² *Software* Qgis, obtido através do link: <https://qgis.org/en/site/>

metrológicas e não metrológicas, dos tipos controladores eletrônicos de velocidade, detectores de avanço de semáforo e detectores de invasão de faixa exclusiva de ônibus. Todos da fornecedora Splice e aferidos anualmente pelo INMETRO e regulados pela resolução 798/2020 do CONTRAN.

A Figura 14 apresenta a localização dos equipamentos no município de Belo Horizonte.

Figura 14 – Localização dos EFE no município de Belo Horizonte



Fonte: BHTRANS, 2020 – Adaptado pelo autor

A Tabela 4 exemplifica a localização dos equipamentos utilizados no estudo de caso. A lista completa está apresentada no ANEXO B

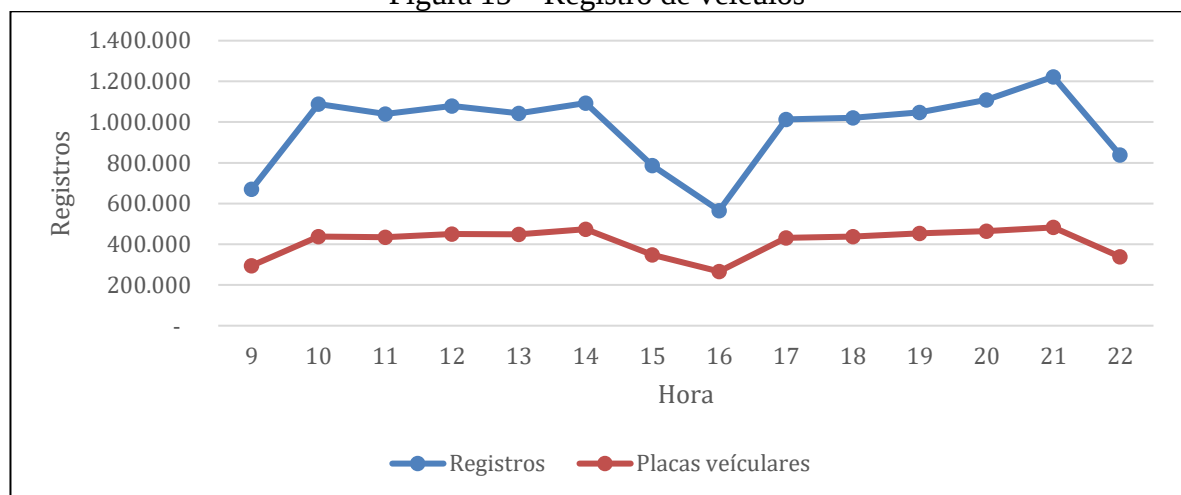
Tabela 4 – Localização dos EFE no município de Belo Horizonte

Equipamento	Endereço	Sentido
1926	Av. Vilarinho, nº 1300	Centro/Bairro
2405	Av. Pres. Carlos Luz, nº 4845	Bairro/Centro
2650	Av. dos Andradas esquina com Viaduto J. Oswaldo Faria	Praça da Estação / Viaduto Leste
3263	Av. dos Andradas nº 7.110	Centro/Bairro Bairro/Centro
3299	Av. Bias Fortes, esquina com Rua Bernardo Guimarães	Pça. Raul Soares / Pça. Liberdade Pça. Liberdade / Pça. Raul Soares

Fonte: BHTRANS, 2020

As análises preliminares identificaram os veículos coletados pelos EFE e a quantidade de veículos que possuem dois ou mais registros (Figura 15).

Figura 15 – Registro de veículos

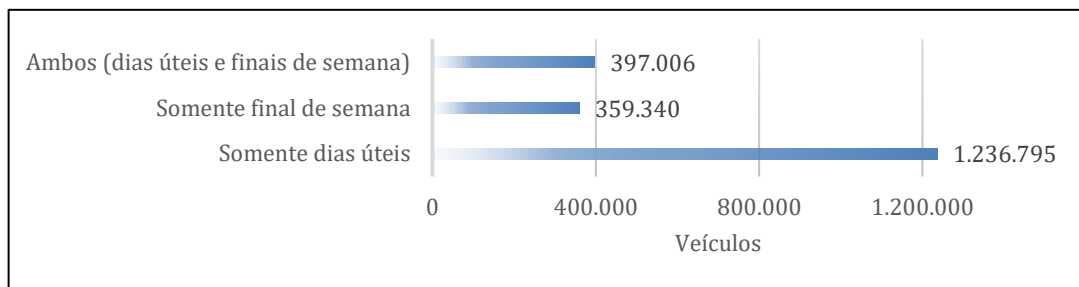


Fonte: o autor, 2020

Essa análise possibilita identificar que um veículo foi coletado mais de uma vez pelos EFE, gerando a possibilidade de criar uma matriz origem destino, indicando as viagens realizadas por esses veículos ao longo do dia e traduzidas para os resultados de acordo com a metodologia apresentada no item 3.6.3.

Um segundo resultado elaborado foi a identificação dos veículos que utilizam a rede, distribuídos em três classes de uso: dias úteis, finais de semana e todos os dias (Figura 16), conforme as datas de coleta das placas, agrupando-as nas classes de uso.

Figura 16 – Utilização dos veículos por tipo de uso

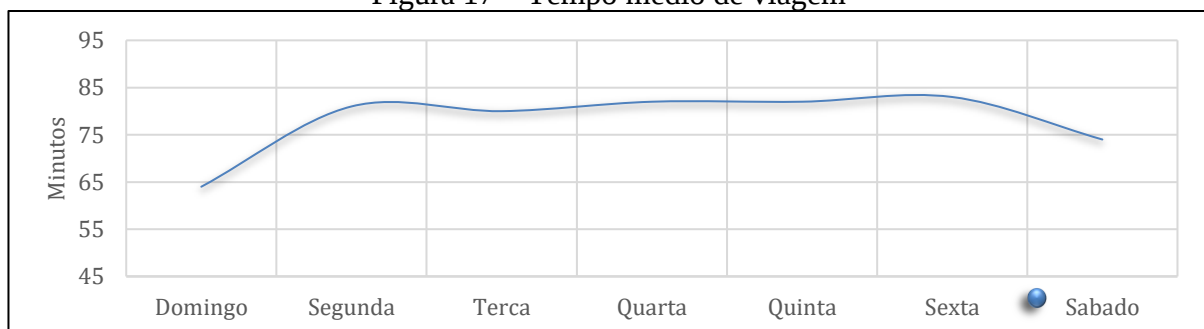


Fonte: o autor, 2020

Esse resultado possibilita identificar o tipo de comportamento dos veículos, que podem ser de uso diário, uso esporádico e uso de lazer, no caso dos dados coletados, a utilização somente em dias úteis é consideravelmente maior do que aqueles que utilizam todos os dias. Uma explicação para entender essa informação é que pessoas se deslocam para trabalho e serviços nos dias úteis, mas da forma que os dados foram disponibilizados, não é possível afirmar com assertividade.

Outra análise importante é o tempo médio das viagens por dia da semana. De acordo com a metodologia proposta no item 3.6.3, onde se definem as viagens, é possível determinar o tempo de cada viagem identificada. Para a análise, calculou-se a média de tempo de viagem por tipo de dia. Percebe-se que nos dias úteis as viagens possuem tempos bem próximos e tempos menores nos finais de semana, compatíveis com os volumes de veículos na cidade (Figura 17).

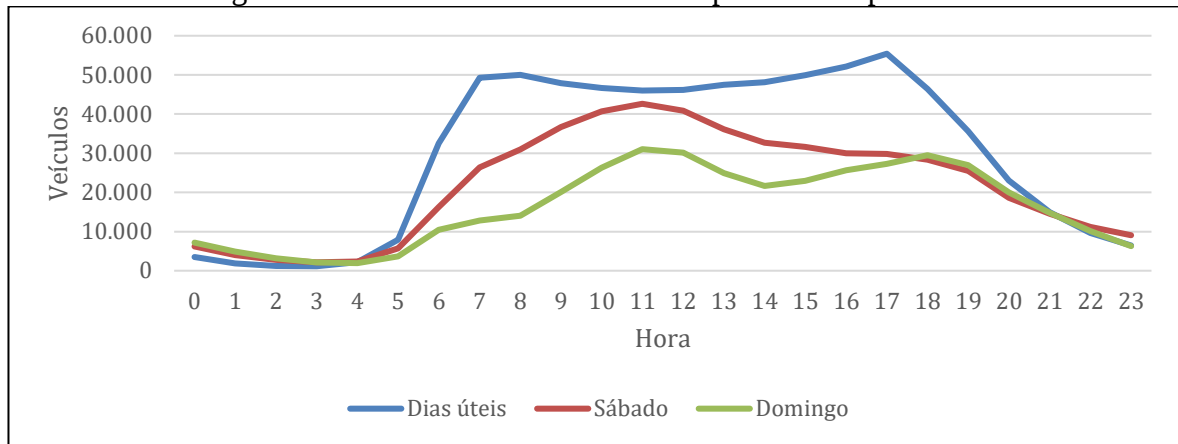
Figura 17 – Tempo médio de viagem



Fonte: o autor, 2020

Uma última análise preliminar foi a identificação do volume de veículos por hora e tipo de dia, onde podemos perceber para os diferentes dias da semana quais os horários mais utilizados (Figura 18).

Figura 18 – Volume médio de veículos por hora e tipo de dia



Fonte: o autor, 2020

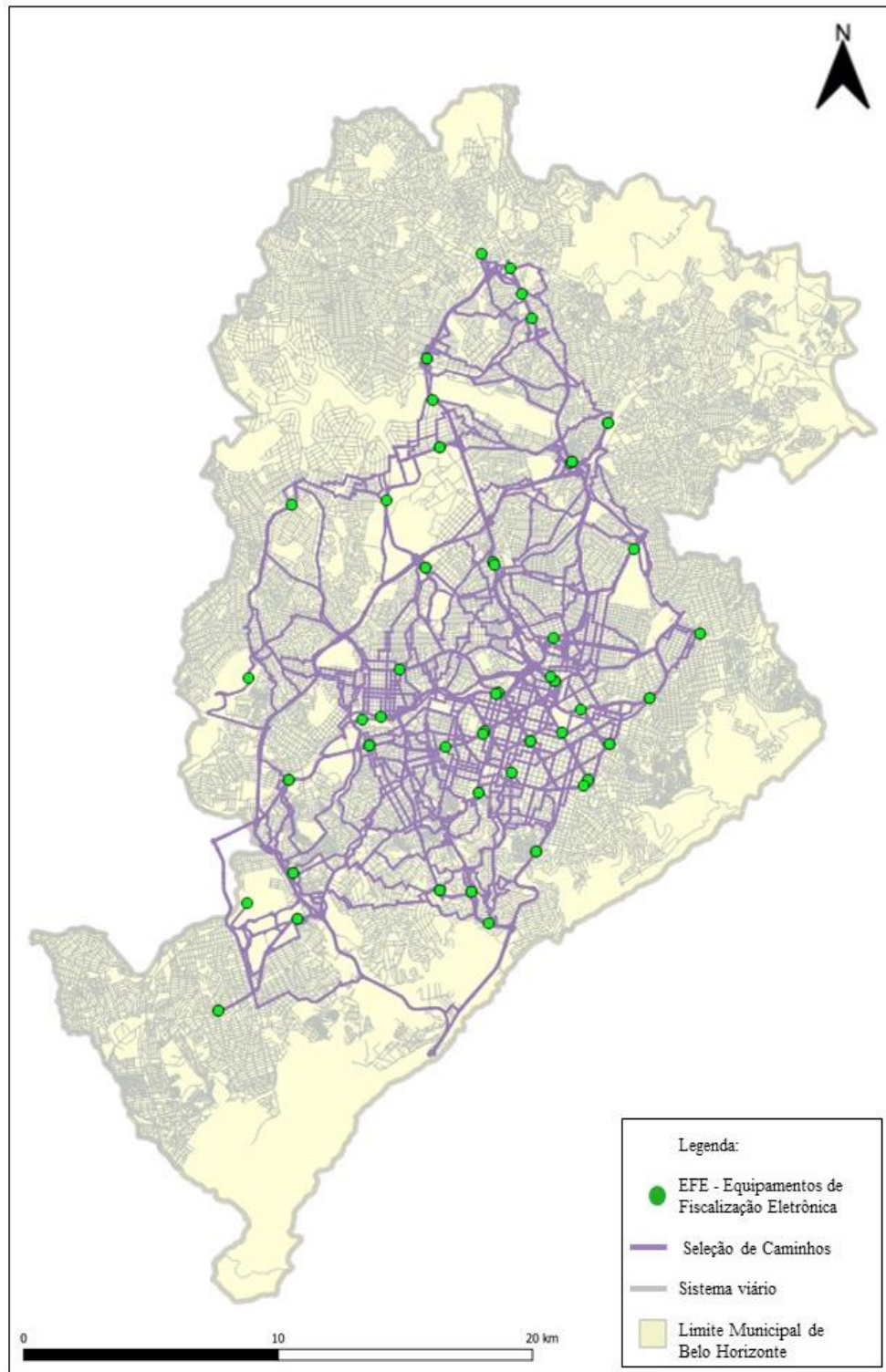
Esse gráfico representa a movimentação típica de uma cidade, onde a movimentação nos dias úteis se concentra nos picos (entre 6h às 9h e 16h às 19h) e reduz nos horários noturno e madrugada. Já aos sábados, a procura por serviços se concentra entre 8h às 12h, ficando o volume de tráfego em queda no restante do dia. Aos domingos, os picos concentram-se nos horários de busca por lazer, sendo um de 11h às 12h, deslocamento para almoço, e outro no final da tarde, de 16h às 18h, na volta para casa.

4.1.2 Aplicação da etapa 2 – geração da matriz de melhor caminho

A determinação da matriz de melhor caminho se deu através da utilização do algoritmo de Dijkstra, o qual foi possível determinar a matriz de acordo com a classificação viária, de forma representar através de uma metodologia reconhecida.

A representação gráfica dessa matriz está apresentada na Figura 19.

Figura 19 – Representação gráfica da matriz melhor caminho



Fonte: o autor, 2020

A matriz apresenta os possíveis caminhos que um veículo possa percorrer entre os equipamentos. Para a sua elaboração, foram considerados a classificação viária, velocidade da via e número de faixas, conforme apresentado na metodologia, no item 3.5. A matriz é

limitada aos limites geográficos dos equipamentos na rede. Não foram considerados para escolha do algoritmo a topografia do terreno.

4.1.3 Aplicação da etapa 3 – geração da matriz de deslocamentos

Utilizou-se os dados coletados pelos EFE, como a contagem classificada de veículos e a coleta de placas. No primeiro passo aplicou-se a metodologia de forma a identificar as viagens de cada veículo dentro da rede. Nesse passo, gerou-se uma matriz de deslocamentos preliminar. Em paralelo com esse processamento, para ilustrar, apresenta-se o resultado de uma matriz dos principais pares (Tabela 5).

Tabela 5 – Matriz de principais deslocamentos identificados

Origem/Destino	3288	3280	3273	3309	3264	Total
3288	533	77	78	177	44	909
3273	64	70	553	32	28	747
3280	73	352	65	33	24	547
3266	70	60	208	35	32	405
2550	59	58	63	33	33	246
Total	799	617	967	310	161	2.854

Fonte: o autor, 2020

No passo seguinte aplicou-se a tabela de UVP no banco de dados de contagem classificada de veículos e determinou-se o UVP por equipamento por hora. Na sequência, expandiu-se a matriz preliminar de deslocamento, de acordo com os dados em UVP por equipamento e por hora, gerando-se a matriz de deslocamentos expandida.

Como se trata de uma matriz de 49 por 49 elementos, sendo que se pode estratificar essa matriz por dia e hora, serão apresentadas algumas análises dos deslocamentos na Tabela 6.

Tabela 6 – Maiores deslocamentos médios UVP por tipo de dia

Tipo de Dia	Hora	Origem	Destino	UVP
Dia útil	17	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	1.972,13

Tipo de Dia	Hora	Origem	Destino	UVP
Dia útil	18	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	1.707,36
Dia útil	19	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	1.652,72
Dia útil	16	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	1.569,37
Dia útil	7	Av. Presidente Antônio Carlos, nº 8.271	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 2.862	1.559,16
Dia útil	17	Av. do Contorno, oposto ao nº 10812	Av. Teresa Cristina, nº 2.350	1.489,04
Dia útil	6	Av. Cristiano Machado, a 89 metros da Rua Cajuí	Av. Cristiano Machado, nº 673	1.248,86
Dia útil	7	Av. do Contorno, oposto ao nº 10812	Av. Teresa Cristina, nº 2.350	1.236,03
Dia útil	6	Av. Cristiano Machado, oposto ao nº 11300	Av. Cristiano Machado, a 89 metros da Rua Cajuí	1.229,35
Dia útil	16	Av. do Contorno, oposto ao nº 10812	Av. Teresa Cristina, nº 2.350	1.200,64
Sábado	10	Av. do Contorno, oposto ao nº 10812	Av. Teresa Cristina, nº 2.350	1.133,97
Sábado	9	Av. do Contorno, oposto ao nº 10812	Av. Teresa Cristina, nº 2.350	946,94
Sábado	15	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	893,53
Sábado	19	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	879,86
Sábado	13	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	877,46
Sábado	9	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	857,20
Sábado	10	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	845,10
Sábado	11	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	812,18
Sábado	13	Av. do Contorno, oposto ao nº 10812	Av. Teresa Cristina, nº 2.350	806,83
Sábado	17	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	800,83
Domingo	19	Av. do Contorno, oposto ao nº 10812	Av. Teresa Cristina, nº 2.350	902,69
Domingo	19	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	867,06
Domingo	12	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	817,82

Tipo de Dia	Hora	Origem	Destino	UVP
Domingo	11	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	811,40
Domingo	18	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	795,84
Domingo	17	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	772,10
Domingo	18	Av. do Contorno, oposto ao nº 10812	Av. Teresa Cristina, nº 2.350	730,22
Domingo	10	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	721,32
Domingo	18	Av. Teresa Cristina, a 22 metros da rua Carmelita Prates da Silva	Av. Vilarinho, nº 1300	709,75
Domingo	18	Av. Cristiano Machado, oposto ao nº 11300	Av. Cristiano Machado, a 89 metros da Rua Cajuí	707,52

Fonte: o autor, 2020

- Aplicação da Regressão Linear e Estatística GEH

Após a aplicação da metodologia para construir as matrizes, aplica-se a Regressão Linear, que visa avaliar e mensurar a existência de relação linear entre duas ou mais variáveis nos dados de registro de placas através da leitura automática de placas e de veículos contabilizados pelo EFE na contagem classificada. Os valores absolutos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Contagem simplificada de veículos por hora e metodologia

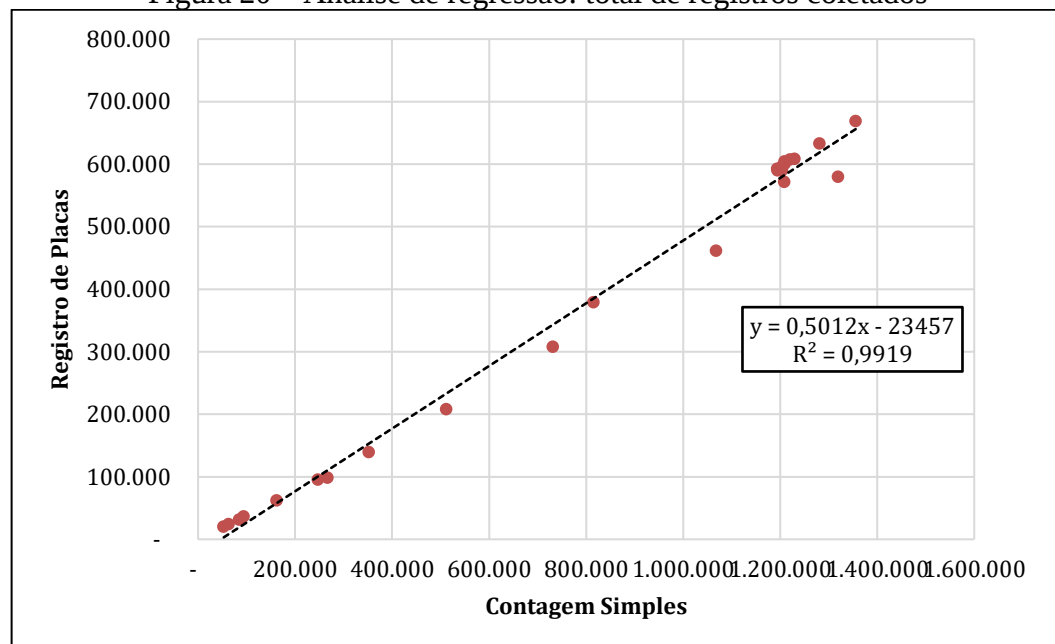
Hora	Contagem Simples	Registros de Placas
0	162.138	61.865
1	94.333	36.536
2	63.098	24.209
3	52.952	19.921
4	85.116	30.921
5	267.138	98.161
6	815.403	378.765
7	1.208.427	571.439
8	1.204.160	589.847
9	1.193.839	592.511
10	1.209.228	600.225
11	1.220.316	607.290
12	1.209.215	604.091
13	1.204.583	596.479
14	1.194.742	589.851

Hora	Contagem Simples	Registros de Placas
15	1.229.784	608.166
16	1.281.204	633.016
17	1.355.617	668.391
18	1.319.758	579.579
19	1.067.876	461.065
20	731.354	307.516
21	512.127	207.650
22	352.424	139.155
23	247.407	95.413

Fonte: o autor, 2020

A Figura 20 apresenta o resultado da aplicação da regressão linear, onde obteve-se resultado de 99%, próximo a 100%, indicando baixa dispersão entre as retas de regressão e os volumes observados.

Figura 20 – Análise de regressão: total de registros coletados



Fonte: o autor, 2020

De acordo com a metodologia da regressão linear, valores de R^2 próximos a 1 são considerados como relação linear positivas forte.

Quanto a aplicação da Estatística GEH (Eq. 6), o resultado de 27,22, indica baixa correspondência de fluxos, que demonstra que os dados não seriam indicados para estudos de

micros simulação. Essa diferença no índice ocorre por diversos fatores quanto a coleta dos dados pelos EFE, que não conseguem ler 100% das placas.

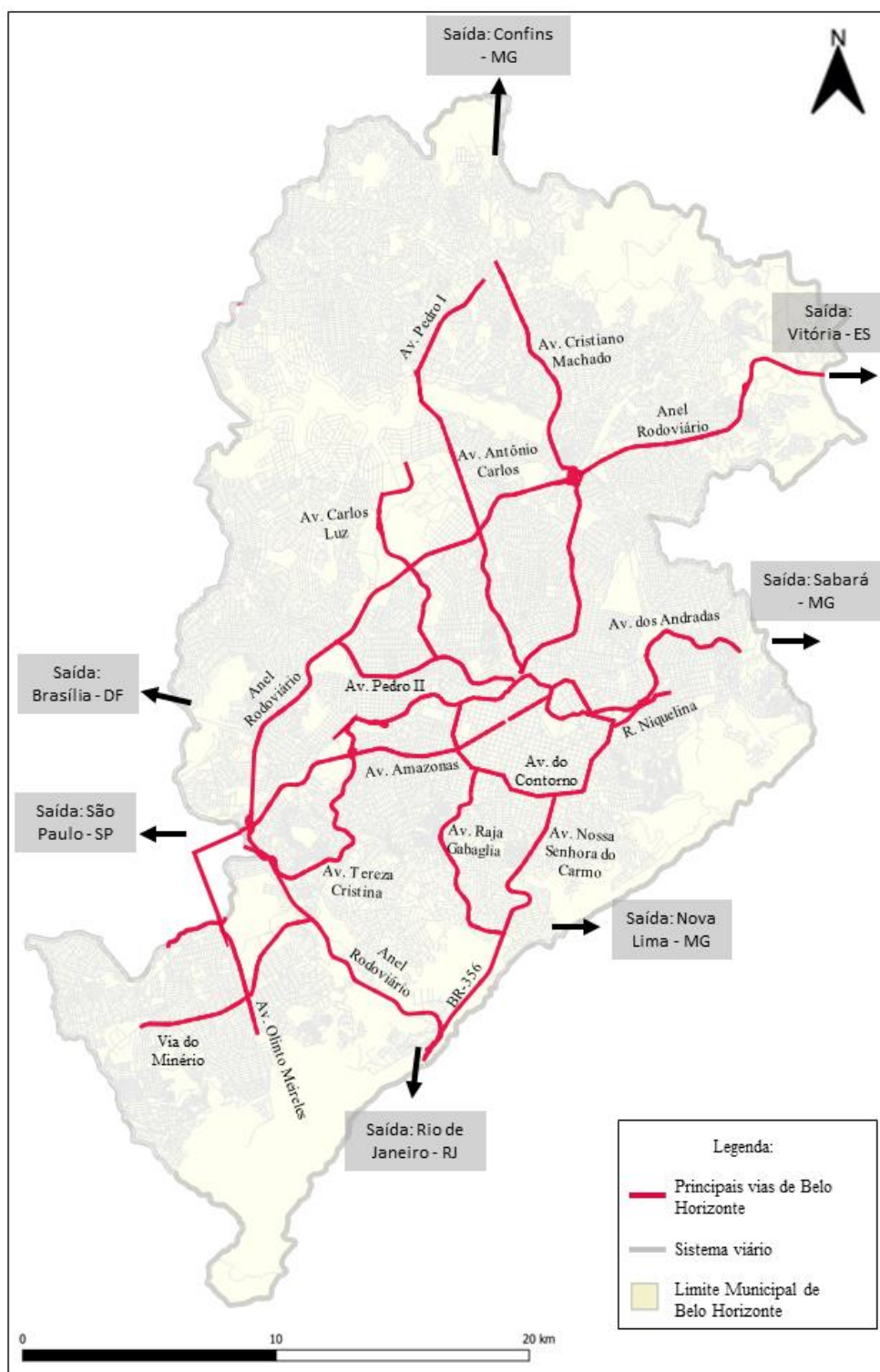
$$GEH = \frac{1}{22} \sqrt{\sum_{i=1}^{22} \frac{2(4.779.683.391.408 - 32.903.764)^2}{4.779.683.391.408 + 32.903.764}} = 27,22 \text{ (Eq. 6)}$$

4.1.4 Aplicação da etapa 4 – obtenção da pesquisa de fluxo de tráfego

O último processamento aplicado, definido na metodologia, foi a obtenção da pesquisa de fluxo de tráfego, onde se utilizam as matrizes de melhor caminho e deslocamentos gerando uma matriz final, que pode ser representada graficamente ou mesmo em forma de matriz, com formato compatível para *softwares* de simulação de tráfego e/ou planejamento urbano. A saída gráfica é a melhor forma de identificar os deslocamentos e o carregamento da rede, demonstrados nas figuras a seguir.

Para contextualizar a capital mineira e melhorar a compreensão das análises, apresenta-se na Figura 21o mapa das principais vias de Belo Horizonte que tem impacto direto no trabalho:

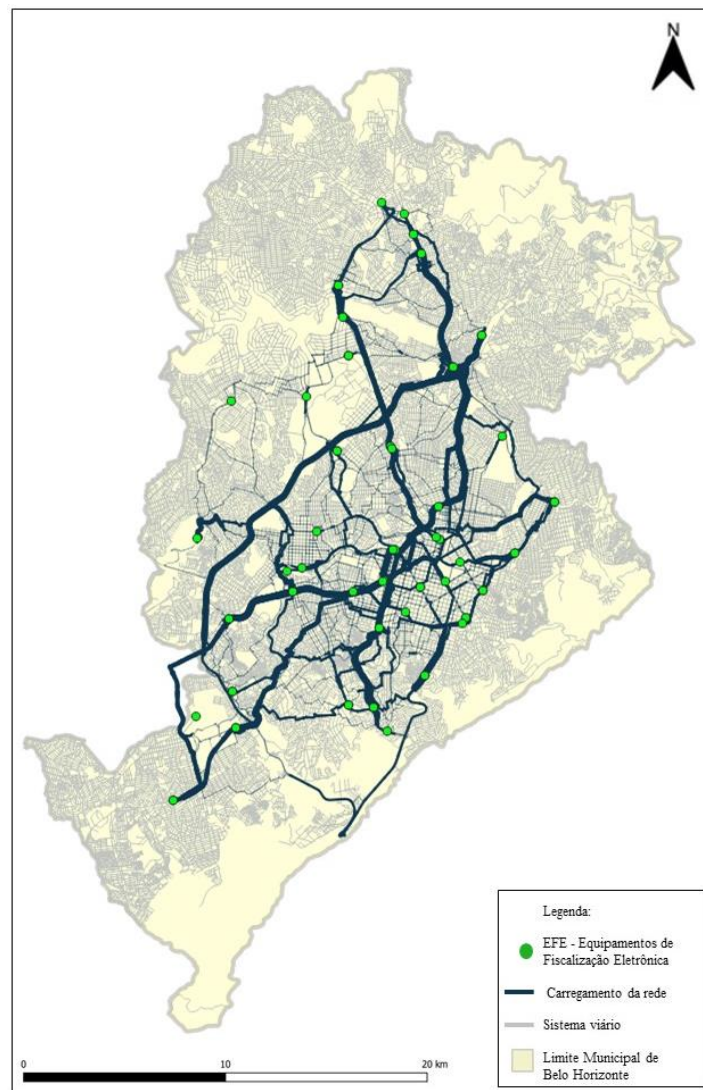
Figura 21 – Localização geográfica das principais vias de Belo Horizonte



Fonte: o autor, 2020

Nesse mapa além das principais vias, apresenta-se as principais saídas para outros municípios de destaque.

Figura 22 – Representação gráfica do carregamento da rede – dias úteis

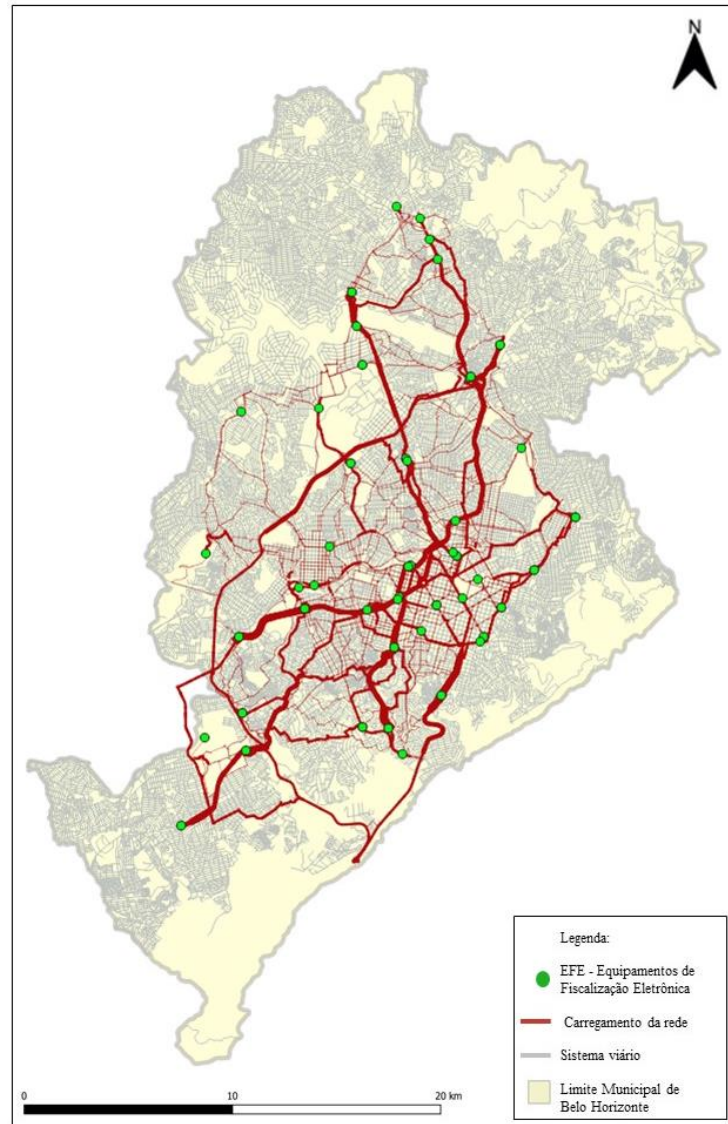


Fonte: o autor, 2020

A Figura 22 representa a distribuição de veículos na matriz em um dia útil. Nessa figura, pode-se observar o carregamento das principais vias arteriais de Belo Horizonte. Também pode-se identificar um forte carregamento no anel rodoviário, onde não possui EFE. Isso se explica através da matriz de melhor caminho, onde tem-se deslocamentos preferenciais pelo anel rodoviário interligando os equipamentos mais periféricos. Essa preferência acontece devido a classificação viária do anel rodoviário, uma rodovia de 3 faixas por sentido e velocidade de 70 km/h. Observando o trecho da Av. Nossa Senhora do Carmo, BR-356 e Anel Rodoviário na região do Betânia, poucos deslocamentos foram considerados. Pode ser explicado pelo fato do último equipamento da Av. Nossa Senhora do Carmo registrar muitos veículos que tem destino o município de Nova Lima ou mesmo seguir pela BR-356 sentido Rio de Janeiro,

além de veículos que deslocam nesse trecho e seguem o anel rodoviário seguindo para Contagem ou para as saídas da BR-381 sentido São Paulo ou Vitória e também na BR-040 sentido Brasília, que são locais onde os EFE são de outras jurisdições.

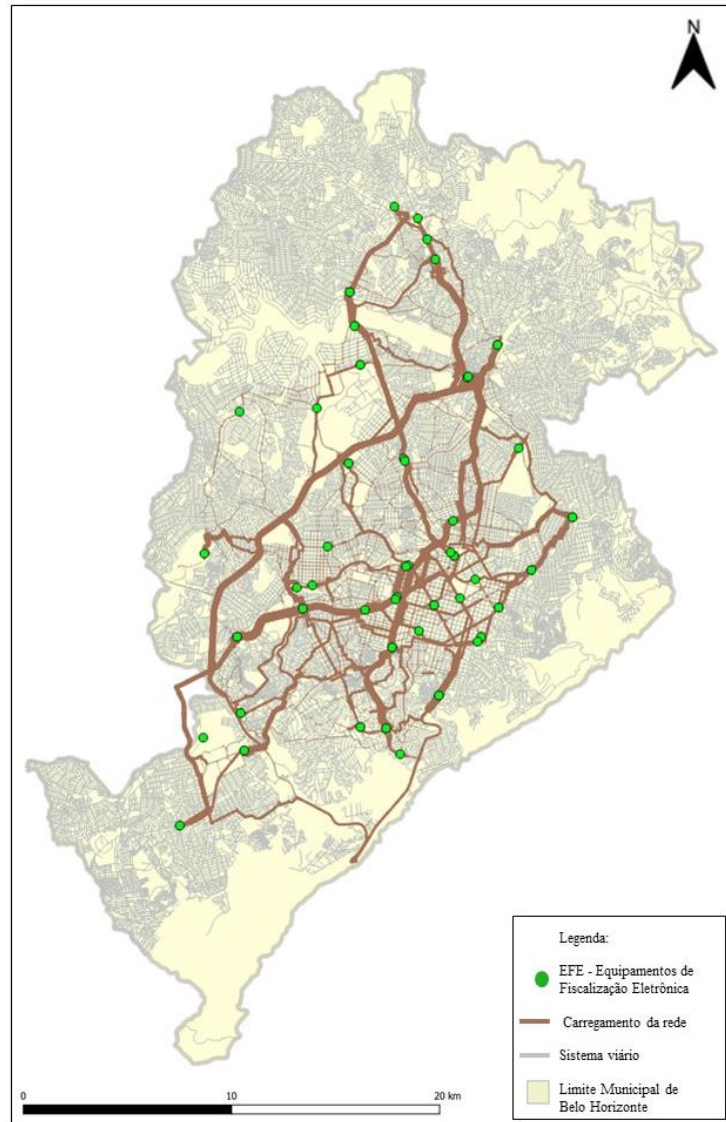
Figura 23 – Representação gráfica do carregamento da rede – pico da manhã – 6h às 7h59



Fonte: o autor, 2020

A Figura 23 apresenta o carregamento no pico manhã de um dia útil, definido de 6 às 8 horas. Pode-se identificar os corredores principais carregados, indicando os deslocamentos normais no horário de pico, onde os veículos concentram-se nas grandes avenidas. Nas vias secundárias identificam-se deslocamentos, mas em menor volume.

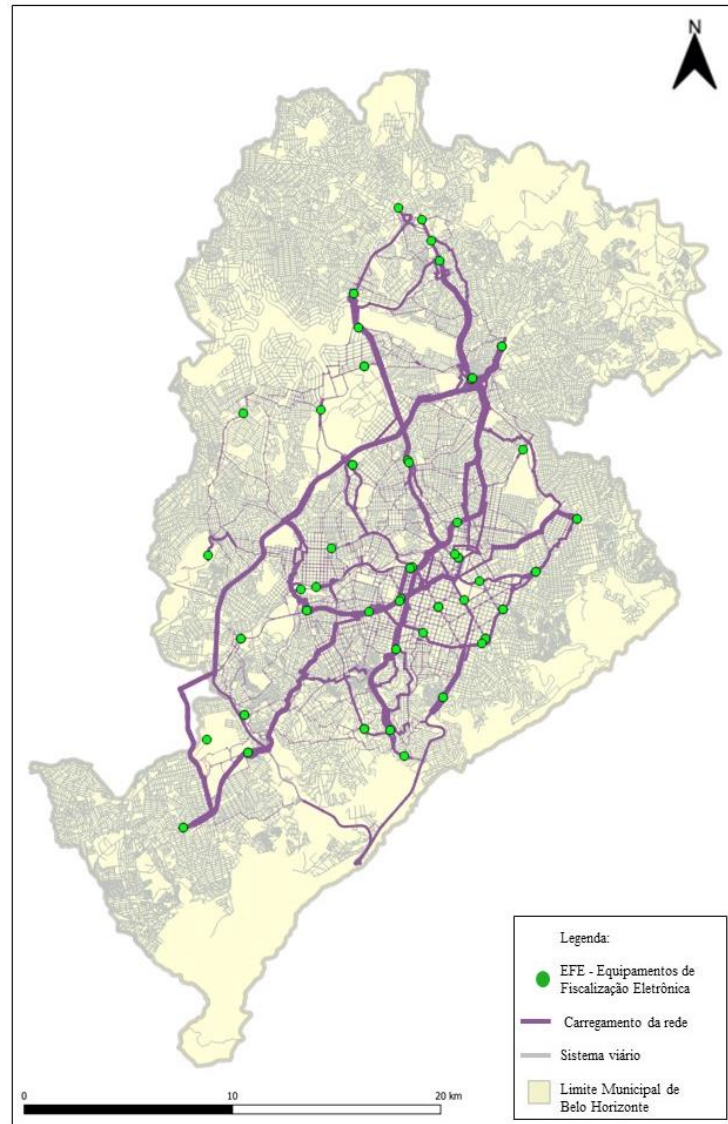
Figura 24 – Representação gráfica do carregamento da rede – pico da tarde – 17h às 18h59



Fonte: o autor, 2020

A Figura 24 é a representação do carregamento no pico tarde de um dia útil, definido de 17 horas às 19 horas. Observa-se novamente o carregamento dos corredores, como os deslocamentos no pico manhã. Uma característica que percebida nos deslocamentos nos picos manhã e tarde é que são radiocêntricos, excluindo o anel rodoviário, os deslocamentos perimetrais têm baixo volume de tráfego.

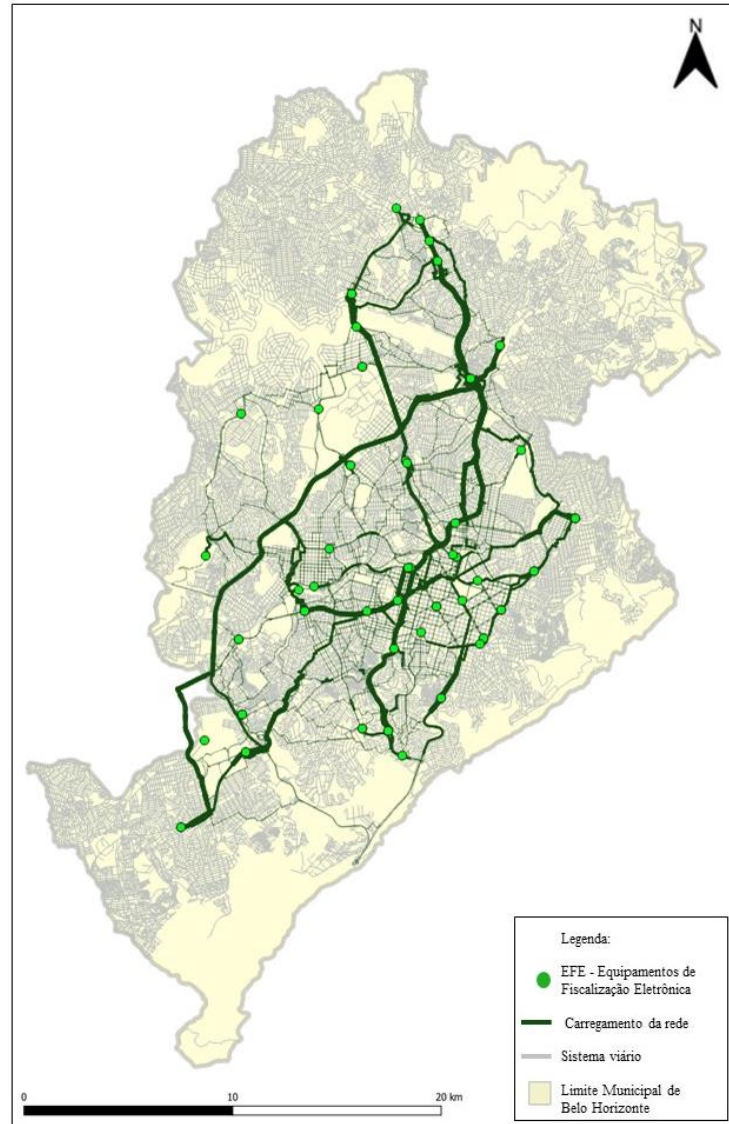
Figura 25 – Representação gráfica do carregamento da rede – sábado



Fonte: o autor, 2020

A Figura 25 é a representação do carregamento aos sábados. Pode-se perceber os volumes de tráfego nos corredores, com menor interação perimetral comparado aos dias úteis, indicando os deslocamentos mais radiocêntricos. Pode-se explicar esses volumes pelo fato de o período estudado estar na ocorrência da pandemia, onde muitas pessoas deixaram de se deslocar pela cidade.

Figura 26 – Representação gráfica do carregamento da rede – domingo



Fonte: o autor, 2020

A Figura 26 é a representação do carregamento aos domingos. Observa-se volumes menores de tráfego e a concentração em alguns corredores como Amazonas, Antônio Carlos, Cristiano Machado e Anel Rodoviário. Nas vias secundárias há um baixo volume, mas com deslocamentos existente, demonstrando a característica de deslocamentos aos domingos serem mais aleatórios do que os padrões de dias úteis onde as rotinas são mais preservadas.

Nos gráficos, pode-se identificar os maiores volumes e seus respectivos corredores de tráfego, resultando-se na representação gráfica da pesquisa de fluxo de tráfego.

Sobre os carregamentos, percebe-se que quanto mais equipamentos forem identificados em uma viagem de um determinado veículo, mais preciso será a identificação do seu deslocamento. Esse fato é percebido devido à falta de equipamentos no trecho da zona sul de Belo Horizonte compreendido entre o Anel Rodoviário e a BR-356, que possui alto volume de tráfego, mas os equipamentos que estão instalados nessas vias são de responsabilidade do DNIT e não foram disponibilizados para o estudo. Mesmo com a falta desses equipamentos esses trechos viários foram considerados quando um veículo passou por um equipamento nos limites de entrada e saída e a análise de melhor caminho considerou passar por esse trecho.

4.1.5 Aplicação da etapa 5 – validação do modelo por especialistas

A validação do modelo por especialistas foi realizada a partir da apresentação do modelo, explicando a metodologia de obtenção de cada matriz e demonstrando o resultado da aplicação.

As avaliações foram respondidas por 12 especialistas³ na área de engenharia de transporte e tráfego (Tabela 8) de diversas áreas, como consultoria, órgãos gestores e professores.

Tabela 8 – Especialistas na área de engenharia de transporte e tráfego

Entidade	Atuação	Profissionais
BHTRANS	Gestor	1
TRANSCON	Gestor	1
CEFET-MG	Professor	2
PUC Minas	Professor	1
Systra Brasil	Consultor	4
Inflaplan	Consultor	1
Systra França	Consultor	1
Locale	Consultor	1

Fonte: o autor, 2021

³ Todos os especialistas concordaram em participar das pesquisas.

Uma das questões era referente à metodologia aplicada, sobre a aplicação nos estudos de engenharia e se seria aplicável aos seus estudos profissionais. As perguntas foram realizadas de acordo com a Tabela 9.

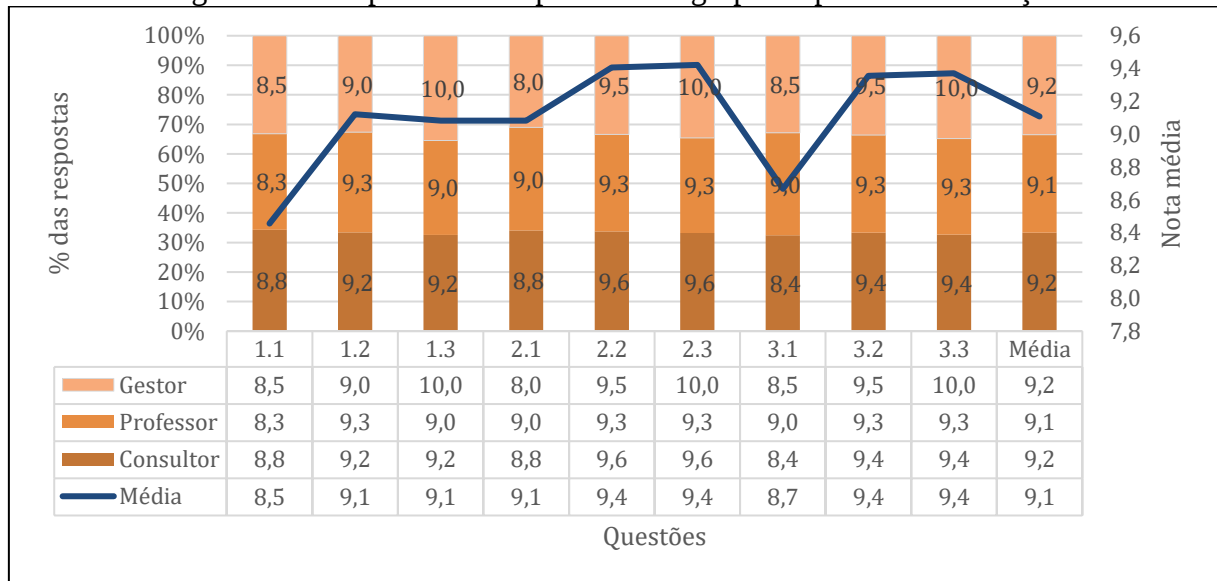
Tabela 9 – Questões formuladas aos especialistas

Item	Pergunta
1.1	A metodologia utilizada para geração da matriz de melhor caminho é adequada?
1.2	A matriz de melhor caminho tem aplicação direta nos estudos de engenharia de tráfego?
1.3	Nos seus estudos e trabalhos, de acordo com as metodologias e softwares que você aplica, a matriz de melhor caminho teria utilidade?
2.1	A metodologia utilizada para geração da matriz de deslocamentos é adequada?
2.2	A matriz de deslocamentos tem aplicação direta nos estudos de engenharia de tráfego?
2.3	Nos seus estudos e trabalhos, de acordo com as metodologias e softwares que você aplica, a matriz de deslocamentos teria utilidade?
3.1	A metodologia utilizada para geração da matriz de fluxo de tráfego é adequada?
3.2	A matriz de fluxo de tráfego tem aplicação direta nos estudos de engenharia de tráfego?
3.3	Nos seus estudos e trabalhos, de acordo com as metodologias e softwares que você aplica, a matriz de fluxo de tráfego teria utilidade?

Fonte: o autor, 2021

A Figura 27 apresenta a média das notas atribuídas pelos especialistas, atribuídas por área de atuação e a média das respostas.

Figura 27 – Respostas dos especialistas agrupadas por área de atuação



Fonte: o autor, 2021

Avaliando as notas médias atribuídas, temos que a questão 1.1 obteve a menor nota média (8,5). Essa questão trata da metodologia utilizada na matriz de melhor caminho. A maior nota (9,4) foi atribuída às questões 2.2, 2.3, 3.2 e 3.3 que tratam da aplicação da matriz de deslocamentos e de fluxo de tráfego.

Como proposto na metodologia, a nota média das respostas dos especialistas para validar o modelo deveria ser acima de 7. A média das notas atribuídas pelos especialistas foi de 9,1, valor que valida a metodologia aplicada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho apresenta inicialmente um processo de coleta e tratamento de dados disponibilizados por equipamentos de fiscalização eletrônica (EFE), além de outros dados digitais disponibilizados pela prefeitura da cidade em estudo. Estabelece um padrão de estrutura de dados a ser coletado dos equipamentos de fiscalização eletrônica que, a partir do cruzamento dos dados coletados, possa ser realizado um processo de análise e validação dos dados originados de diferentes fontes. Na sequência, definiu-se uma metodologia para o tratamento da informação, com a finalidade de produzir matrizes de caminhos e de deslocamentos para elaboração da matriz de fluxo de tráfego. É apresentado um modelo de representação gráfica espacial dessas matrizes obtidas. Para atingir o resultado, foram desenvolvidas duas matrizes básicas. A primeira, de “Melhor Caminho”, utiliza o algoritmo de Dijkstra, definida por um conjunto de arestas do sistema viário que um veículo utilizaria preferencialmente para se deslocar entre dois EFE. A outra matriz, de “Deslocamentos”, estima e constrói o traçado das viagens de um veículo pela rede de arestas que interligam os EFE. O último passo metodológico trata da junção dessas matrizes, realizando o carregamento dos *links* produzidos nas duas matrizes, somando o número de veículos registrados nos EFE e gerando a matriz de fluxo de tráfego.

A metodologia foi aplicada no município de Belo Horizonte, utilizando dados dos EFE, disponibilizados pela BHTRANS, órgão gestor de trânsito e dos contratos dos EFE. Os dados coletados por 50 EFE registraram informações de 14 dias, entre 08/08/2020 a 22/08/2020, totalizando um universo de 13.621.525 registros de placas, o que possibilitou a aplicação da metodologia, construindo as matrizes e gerando a saída gráfica da matriz de fluxo de tráfego no município, que representa a pesquisa de fluxo de tráfego.

A metodologia escolhida para fundamentação da pesquisa foi a *Mixed Methods Research* resultando em duas formas de análise: quantitativa e qualitativa. A quantitativa tratou do grande volume de dados utilizados para gerar as matrizes. A qualitativa foi utilizada no processo de validação da pesquisa quando questionários foram submissão a especialistas da área de engenharia de transporte para avaliação da metodologia e dos resultados gerados.

Os especialistas avaliaram a metodologia proposta e a aplicação do trabalho no município de Belo Horizonte e responderam um questionário, baseado em escala Likert, e creditaram a nota média de 9,1 em 10 pontos.

Durante o estudo de caso realizado no município de Belo Horizonte surgiram algumas questões importantes, como, por exemplo, os dados dos EFE dependerem do tipo de equipamento e das exigências contratuais das licitações efetuadas pelos órgãos com jurisdição sobre a via. Como demonstrado, em vias em que o município não possui jurisdição não houve o acesso aos dados, mas as vias foram consideradas na elaboração das matrizes.

O uso dos dados de EFE no Brasil passa por muitas questões jurídicas, tais como:

- De quem é a propriedade da informação?
- A definição sobre os dados é de acordo com cada órgão gestor?
- A possibilidade de disponibilização de um banco de dados com os veículos de transporte público para melhor calibração do modelo?
- O CONTRAN poderia regulamentar os dados coletados e gerir um banco de dados Nacional?

O que se pode identificar com essas questões levantadas é que existe um potencial muito grande na utilização dos dados dos EFE na gestão das cidades, mas é necessário o tratamento e organização da informação, e de como e onde serão armazenados e disponibilizados.

O acesso a essas informações para estudos abre uma gama de possibilidades de desenvolvimento de instrumentos de planejamento urbano, conforme a metodologia apresentada nesse trabalho.

Um trabalho futuro, como contribuição, seria a adoção de *machine learning* ampliando as possibilidades de geração automática das matrizes, com predição e adaptação automática à demanda em tempo real, capturada pelos ETE.

REFERÊNCIAS

- A. CARAGLIU, C. Del Bo, and P. Nijkamp, “Smart cities in europe” **J. UrbanTechnol.**, vol.18, no.2, pp.65–82,2011.
- ACIOLY, Claudio. DAVIDSON, Forbes. **Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana**. Tradução Claudio Acioly. Rio de janeiro: Mauad, 1998.
- ALLWINKLE, S., & Cruickshank, P. (2011). Creating smart-er cities: an overview. **Journal of Urban Technology**, 18(2), 1-16. <http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2011.601103>
- ALVES, C, J, W., Bonfadini, J, G. **Serviços Como Vantagem Competitiva no Segmento de Automação Pneumática nas Indústrias de Transformação do Nordeste de Santa Catarina**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ENEGEP. Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. Brasil. 2012.
- BARROSO, Joana, OLIVEIRA NETO, F. M, Oliveira, João Lucas A. **Consolidação de dados de fiscalização eletrônica para obtenção do volume de tráfego e do fluxo origem-destino veicular**. In: 33 ANPET, 2019, Bauneário Camboriú-SC, Brasil
- BERNARDI, E.; MARTE, C. L.; YOSHIOKA, L. R.; RIBEIRO, P. C. M.; FONTANA, C. F.. **Modelo sistêmico e classificação de falhas associadas aos sistemas de reconhecimento de placas para fiscalização automática de veículos**. In: CONGRESSO DE ENSINO E PESQUISA EM TRANSPORTES, 29., 2015, Ouro Preto. Anais..., 2015. p. 1-12
- BHTRANS (2021). Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte - **Fiscalização Eletrônica. Informações Gerais**. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/bhtrans/informacoes/transportes/veiculos/informacoes-gerais/>>. Acesso em: 20 de jun. de 2021.
- BOARETO, R. 2008. A política de mobilidade urbana e a construção de cidades sustentáveis. **Ciência & Ambiente**, Universidade Federal de Santa Maria, no. 37, p. 73-92.
- BOHN, C. S. **A mediação dos jogos eletrônicos como estímulo do processo de ensino-aprendizagem**. (Dissertação) Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento, UFSC, Florianópolis, 2011.
- BOSCHETTI, G. **Análise da demanda por transporte de táxi com modelos de regressão linear múltipla - um estudo de caso em Natal, RN**. 2018. 22 f. Artigo Científico. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: 1988
- BRASIL (1997). **Lei nº. 9.503**, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro - CTB. Diário Oficial da União 1997; 24 set.
- BRASIL (2007). “PlanMob”, Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana. 2007, **Ministério das Cidades** Brasília, DF, 2007
- BRASIL (2012) **Lei nº 12.587**, de 03 de janeiro de 2012 que institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana –PNMU, 2012.
- BRASIL (2015) Caderno Planmob Para Orientação Aos Órgãos Gestores Municipais Na Elaboração Dos Planos Diretores De Mobilidade Urbana. **Ministério das Cidades**: Brasília, DF, 2015
- BRASIL (2018). **Lei nº. 13.709**, de 14 de agosto de 2018. Institui a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais - LGPD. Diário Oficial da União 1997; 24 set.
- CARLOS, Ana Fani Alessandri (2009) Cidade uma perspectiva histórica. **A cidade**. 8º ed. São Paulo: Contexto, 2009. Cap. 4.
- CASTELLS, M. (2012). **A sociedade em rede** (6a ed.) São Paulo: Paz e Terra.
- CASTILLO, E.; J. M. Mennéndez e P. Jimenez (2008) Trip matrix and path flow reconstruction and estimation based on plate scanning and link observations. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 42, n. 5, p. 455–481.
- CDM, Smith, Horowitz, A., Creasey, T., Pendyalam, R. and Chen, M. (2014). Analytical travel forecasting approaches for project-level planning and design, NCRHP Report 765, **Transportation Research Board**, National Academy of Sciences, Washington DC, USA.
- CHITTURI, M., SHAW, J., CAMPBELL, J., NOYCE, D. (2014). Validation of origin-destination data from bluetooth reidentification and aerial observation. **Transportation Research**. Transportation Research Board 2430, pp. 116-123
- COELHO, F. D. (2010). **Desenvolvimento local e sociedade da informação**. In L. Dowbor, & M. Pochmann (Orgs.), **Políticas para o desenvolvimento local** (p. 337-365). São Paulo: Fundação Perseu Abramo.
- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual brasileiro de sinalização de trânsito: volume V – sinalização semafórica**. 314 p. Brasília: CONTRAN, 2014. ISBN 978-85-7958-078-9.

- CORMEN, T. H. *et al.* **Introduction to Algorithms**, 3rd Edition (The MIT Press). [S.l.]: The MIT Press, 2009. ISBN 9780262033848.
- CRESWELL, J. W. **Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches**. Thousand Oaks, CA: Sage, 2012.
- CRESWELL, J. W.; PLANO CLARK, V. L. **Designing and conducting mixed methods research**. 2nd. Los Angeles: SAGE Publications, 2011.
- DIRKS, S., Gurdgiev, C., & Keeling, M. (2010). **Smarter cities for smarter growth: how cities can optimize their systems for the talent-based economy** (p. 1-14, Executive Report). Somers: IBM Institute for Business Value. <http://ssrn.com/abstract=2001907>
- DNIT (2006) **Manual de Estudos de Tráfego**. Ministério dos Transportes: Brasília, DF, 2006
- DRESCH, A. **Design Science e Design Science Research como Artefatos Metodológicos para engenharia de Produção**. 184f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013.
- DUTTA, S. (Ed.). (2011). **The Global Innovation Index 2011: accelerating growth and development**. Fontainebleau: INSEAD.
- EIKVIL, **Line Optical Character Recognition**, 1993. Disponível em <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=023C856CA83F20918E64712506891BA0?doi=10.1.1.25.3684&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 14 Ago de 2020.
- FABRITIIS, Corrado de, Ragona, Roberto, Valenti, Gaetano. **Traffic Estimation And Prediction Based On Real Time Floating Car Data**, 2008 - Published in: 2008 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Beijing, China - DOI: 10.1109/ITSC.2008.4732534
- FELDMAN, O. (2012). **The GEH measure and quality of the highway assignment models**. In Proceedings of the European Transport Conference, Glasgow, UK, 2012.
- FONTELLES, M. J.; SIMÕES, M. G.; FARIAS, S. H.; FONTELLES, R. G. S. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista Paraense de Medicina**, v. 23, p. 1-8, 2009.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- GOLDNER, Lenise Grando. **Engenharia de Tráfego**. Apostila de notas de aula. Módulo I. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis, SC, março de 2009.

- GORARD, S.; TAYLOR, C. **Combining methods in educational and social research**, London: Open University Press, 2004.
- HARRISON, C., & DONNELLY, I. A. (2011). **A theory of smart cities**. In Proceedings of the 55th Annual Meeting of the International Society for the Systems Science (p. 1-15). Hull: University of Hull. <http://journals.isss.org/index.php/proceedings55th/article/viewFile/1703/572>
- HARTEINSTEIN, H., Labertaux, K.P. (Eds.), 2010. **VANET Vehicular Applications and Inter-networking Technologies**. John Wiley & Sons, Ltd.. Mar. <http://www.gartner.com/it-glossary/big-data>.
- HASHEM, I.A.T.; Chang, V.; Anuar, N.B.; Adewole, K.; Yaqoob, I.; Gani, A.; Ahmed, E.; Chiroma, H. The role of BIG DATA in smart city. **Int. J. Inf. Manag.** 2016, 36, 748–758. [CrossRef]
- HELLINGA, B.R. (1994) **Estimating Dynamic Origin - Destination Demands from Link and Probe Counts**. Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.
- HUANG, T., Lan, L., Fang, X., An, P., Min, J., Wang, F., 2015. **Promises and challenges of BIG DATA computing in health sciences**. *BIG DATA Res* 2 (1), 2e11.
- JAGADISH, H.V., Gehrke, J., Labrinidis, A., Papakonstantinou, Y., Patel, J.M., Ramakrishnan, R., Shahabi, C., 2014. **BIG DATA and its technical challenges**, *Commun. ACM* 57 (7), 86e94.
- KANTER, R. M., & Litow, S. S. (2009). **Informed and interconnected a manifesto for smarter cities**. Harvard Business School General Management Unit Working Paper, 9(141), 1-27, de http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1420236
- KOMNINOS, N. (2002). **Intelligent cities: innovation, knowledge systems, and digital spaces**. London: Spon Press.
- KOMNINOS, N., & Sefertzi, E. (2009). **Intelligent cities: R&D offshoring, Web 2.0 product development and globalization of innovation systems**. In Proceedings of the Second Knowledge Cities Summit 2009 (p. 1-8). Shenzhen: World Capital Institute. <http://www.urenio.org/wp-content/uploads/2008/11/Intelligent-Cities-Shenzhen-2009-Komninos-Sefertzi.pdf>
- LARSON, R.; FARBER, B.. **Estatística aplicada**. 4 ed. Sao Paulo: Pearson Prentice Hall, 637 p. 2010.
- LEFEBVRE, Henri (2011). **O direito à cidade**. 5° ed. São Paulo: Centauro, 2011.

- LI, D.R.; Shan, J.; Shao, Z.F. Geomatics for smart cities-concept, key techniques, and applications. **Geo-Spat.Inf. Sci.** 2013, 16, 13–24. [CrossRef]
- LI, D.R.; Yao, Y.; Shao, Z.F. **From digital Earth to smart Earth**. Chin. Sci. Bull. 2014, 59, 722–733. [CrossRef]
- LU, Liangfu, Huan, Zhenzhai, Zhang, Xuyun, QI, Lianyong, Chen, Sicong, WU, Yao, **Collaborative Network Traffic Analysis via Alternating Direction Method of Multipliers**, 2018 - Published in: 2018 IEEE 22nd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design ((CSCWD)), Nanjing, China - DOI: 10.1109/CSCWD.2018.8465367
- MARTIN, Peter T. **Detector Technology Evaluation**. Department of Civil and Environmental Engineering University of Utah Traffic Lab, november 2003. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/5c2c/3a7f39deb50c81479eecbc0fe5c1dd7be2a7.pdf>>. Acesso em 14 Ago de 2020.
- MEDINA, A., Taft, N. Salamatain, K. Bhattacharyya, S., Diot, C. (2002). **Traffic Matrix Estimation: Existing Techniques and New Directions**. SIGCOMM.
- MESQUITA, R, C. **Estratégias competitivas das empresas produtoras de sementes de soja: um estudo exploratório no Sul de Mato Grosso**. (Dissertação de Mestrado). CNEC/FACECA. Faculdade Cenecista de Varginha. 2005.
- MING, Sun Hsien **FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE TRÂNSITO**, 2006. Disponível em <<http://www.vias-seguras.com/content/download/1568/8633/file/fiscalizacao-eletronica-do-transito.pdf>>. Acesso em 14 Ago de 2020.
- MIRANDA, H. F., Mancini, M. T., Azevedo Filho M. A. N., Alves, V. F. B., Rodrigues da Silva, A. N. (2009). **Barreiras para a implantação de planos de mobilidade**. Artigo apresentado no XXIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, Vitória, Brasil.
- MITCHELL, W. J. (2007). Intelligent cities. **E-Journal on the Knowledge Society**, (5), 3-8. Recuperado em 15 de junho de 2012, de <http://www.uoc.edu/uocpapers/5/dt/eng/mitchell.pdf>
- MOGELMOSE, Andreas, Trivedi, Mohan Manubhai, Moeslund, Thomas B. Vision-Based Traffic Sign Detection and Analysis for Intelligent Driver Assistance Systems: Perspectives and Survey, 2012 - Published in: **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems** (Volume: 13, Issue: 4, Dec. 2012) DOI: 10.1109/TITS.2012.2209421

- MONEY, B. R., and J. C. Crofts (2003). "The Effect of Uncertainty Avoidance on Information Search, Planning, and Purchases of International Travel Vacations." **Tourism Management**, 24 (2): 191-202.
- MONTEIRO, Paulo Rogério da Silva. **Gestão de tráfego com o uso de dispositivos eletrônicos de controle de velocidade**. Rio de Janeiro, 2004
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 4. ed. [S.l.]: LTC, 2012.
- NAM, T., & Pardo, T. A. (2011). **Smart city as urban innovation: focusing on management, policy and context**. In Proceedings of the 5th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance (p. 185-194). New York: ACM http://www.ctg.albany.edu/publications/journals/icegov_2011_smartcity
- NEUFERT, Ernst. **Arte de projetar em arquitetura**. 18.ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2013.
- OLIVEIRA, Moacir de Souza, Nicole de Farias Melo, Leandro Colevati dos Santos, Wellington Pinto de Oliveira, **Banco De Dados No - Sql X Banco De Dados Sql: Estudo De Desempenho Em Grandes Massas** - 2018
- PARANHOS, R.; FIGUEIREDO FILHO, D. B.; ROCHA, E. C.; SILVA JUNIOR, J. A.; RODRIGUES, D. F.. Uma introdução aos métodos mistos. **Sociologias** (UFRGS), v. 18, p. 384-411, 2016.
- PETRANTONIO, Hugo. Capítulo 2 - **Organização do Sistema Viário**. Não Publicado Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/d/ptr2437/Cap%c3%adtulo2a.pdf>> Acesso em 14 de Ago 2020a
- PETRANTONIO, Hugo. **Engenharia de Tráfego – Introdução à Teoria do Fluxo de tráfego**. Não Publicado Disponível em: < <http://sites.poli.usp.br/d/ptr5803/et2-teoria.pdf>> Acesso em 15 de Ago 2020b
- PIGNATARO, L. J. **Traffic Engineering: Theory and Practice**. Prentice Hall, Englewood, New Jersey, 1973
- PINTO, A. B. ; SILVA, D. M. ; GORON, M. A. L. ; MAGALHAES, C. G. ; CYBIS, Helena Beatriz Bettella ; LINDAU, L.A. . **Matriz de deslocamentos a partir de amostra de leitura de placas e contagem volumétrica em campo**. In: X ANPET, 1996, Brasília. Anais do X ANPET (Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes). Brasília, Brasil. v. I. p. 179-188.
- PRATTIPATI, S. N. (2010). Sustainability and the role of information and communications technologies. **Business Renaissance Quarterly**, 5(2), 23-40.

- RIBEIRO, Aurélio - **PRINCÍPIOS DE SISTEMA DE BASE DE DADOS** - A Universidade Virtual Africana, 2018
- RIBEIRO, F. C.; SILVA, A. N.; MAIA, J. E. B.; SILVA, J. L. C. E.; CUNHA, P. R. F.. **Estimação de Matrizes de Tráfego Origem-Destino Utilizando Algoritmo Genético**. In: Workshop de Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação, 2008, Belém. XXVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2008. p. 127-140.
- SANTOS, E. F. G. CRUZ, D. M., PAZZETTO, V. T. **Amiente educacional rico em tecnologia: a busca do sentido**. 2002. Disponível em www.abed.org.br
- SILVA, Moacir M. F. Tentativa de classificação das cidades brasileiras. **Revista Brasileira de Geografia**. Ano VIII. Julho-setembro, 1946.
- SILVA, R. H. S. **ANÁLISE COMPARATIVA DACAPACIDADE VIÁRIA EM GRANDES CORREDORES DE TRÁFEGO: IMPACTOS NA EFICIÊNCIA DA MOBILIDADE URBANA** - Universidade Federal de Pernambuco.2017. Dissertação disponível em < <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/26317>> Acesso em 15 de Ago 2020
- SILVEIRA, T, S, J., Silva, B, R., Smolareck, D, R., Ferrari, A, A. **Avaliação da Ambiência Interna da URI Santiago Através da Escala de LIKERT Modificada Para Fins de Planejamento Estratégico**. X Colóquio Internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur. Mar del Plata. Mar del Plata. Argentina. 2010.
- SOUZA, Dante Diego de Moraes Rosado e; LOUREIRO, C. F. G. **Estimação de Matrizes Origem/Destino a partir de Contagens Volumétricas em Áreas com Controle do Tráfego em Tempo Real** In: XX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2006, Brasília. Anais do XX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2006.
- VAN DE ZIIPP, N. Dynamic OD-Matrix Estimation from Traffic Counts and Automated Vehicle Identification Data. **Transport Research Board** 1607.1997.
- VAN VLIET, D. **SATURN Travel Demand Forecasting**. Software User's Manual Version 11.3, Section 15.6. 2015
- WALPOLE, R. E. *et al.* **Probability & Statistics for Engineers & Cientists**. 9. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 2012
- WEBBER, L., & Wallace, M. **Green tech: how to plan and implement sustainable IT solutions**. New York: AMACON. 2009
- WEBER, Max. Conceito e categorias da cidade. In: VELHO, Ótávio Guilherme. **O fenômeno urbano**. 4º. ed. Rio de Janeiro: Guanabara S.A., 1987. p. 68-89.

- WOLFRAM, M. (2012). **Deconstructing smart cities: an intertextual reading of concepts and practices for integrated urban and ICT development.** In Proceedings of the REAL CORP 2012 Tagungsband (p. 171-181). Schwechat: Competence Center for Urban and Regional Planning.
- WU, Shiann M., Tsung-chun Chen, Yenchun J. Wu e Miltiadis Lytras. 2018. "**Smart Cities in Taiwan: A Perspective on Big Data Applications**" *Sustainability* 10, no. 1: 106. <https://doi.org/10.3390/su10010106>
- YOVANOF, G. S., & Hazapis, G. N. (2009). **An architectural framework and enabling wireless technologies for digital cities and intelligent urban environments.** *Wireless Personal Communications*, 49(3), 445-463. <http://dx.doi.org/10.1007/s11277-009-9693-4>

APÊNDICE A – MATRIZ DE MELHOR CAMINHO

Representação da matriz de deslocamentos, limitada a 50 registros, por se tratar de uma matriz de mais de 3 mil registros.

Origem	Destino	Links na rede
1926	2430	21521;20385;21577;21520;20387;20393;1111;21577;67220;103039;21520;1111;55406;67220;1370;103039;20392;55406;1405;1370;24827;102767;20392;55129;1405;24827;24839;102767;92651;10303;55129;76965;24839;24881;92651;51238;10303;76965;113084;24881;113085;113086;51238;113084;113087;113085;24605;113086;113088;113087;24594;24605;90752;113088;51801;76963;24594;90752;74931;51801;101901;76963;90686;74931;33220;49482;101901;90686;74954;178;33220;49482;79451;74954;182;178;335;79451;40769;182;42308;33200;335;45185;40769;42308;40607;33199;33200;42310;45185;310;40607;33204;33199;42310;69773;310;77394;35;33204;312;69773;59482;77394;35;76993;312;69771;59482;37959;76993;49471;35094;69771;37959;49479;49471;75068;49776;35094;77392;49479;75068;49463;33208;49776;77392;33187;49463;69727;235;33208;33187;79333;49476;69727;235;1915;102782;79333;121;49476;1915;589;102782;1901;121;676;1899;589;81591;1901;676;86877;1899;49473;704;81591;443;86877;618;49473;704;38321;45157;443;77364;618;69482;38321;69480;45157;77364;75289;54667;69482;79467;69480;75289;52981;49514;54667;79467;51798;52981;49893;49514;123497;128875;51798;33196;49893;33197;123497;128875;78499;3669;33196;49894;33197;78499;33198;3669;69787;45728;49894;49895;33198;69787;49896;45728;75254;49895;81724;49896;1144;3676;75254;3677;81724;1144;3735;3736;3676;3677;3663;81711;3735;3736;3662;3663;81714;81711;3700;3699;3662;3711;81714;3712;3700;3699;3714;38017;3711;3712;42192;42193;3714;3713;38017;42192;3800;42193;3801;3802;3713;3745;3800;118936;3801;81413;3802;83515;3745;103676;118936;118940;81413;83515;892;103676;78991;118940;892;78991
1926	2405	21521;21577;20385;21520;20387;20393;1111;67220;21577;103039;21520;1111;55406;67220;1370;103039;20392;1405;55406;24827;1370;20392;102767;55129;1405;24827;24839;102767;92651;10303;55129;24839;76965;24881;92651;51238;10303;76965;113084;24881;113085;113086;51238;113084;113087;24605;113085;113086;113088;24594;113087;90752;24605;51801;113088;76963;24594;74931;90752;51801;101901;76963;90686;33220;74931;101901;49482;90686;74954;178;33220;49482;79451;74954;182;178;177;79451;98;182;34628;177;43355;98;35136;81289;34628;43355;90783;90784;35136;90783;81289;90783;100074;90784;100827;81288;90713;100074;90789;74944;100827;1921;81288;90789;49780;1918;74944;174;1921;173;49780;11763;1918;174;11764;491;173;11763;442;74690;11764;49681;491;442;86723;1332;74690;49681;12;92511;86723;59617;1332;12;92515;92511;59616;59615;59617;92515;49650;1270;59616;33010;59615;1253;49650;1270;129796;33010;32819;1253;129796;32819
1926	2545	21521;20385;21577;21520;20387;1111;20393;67220;21577;21520;103039;1111;55406;67220;1370;20392;103039;55406;1405;24827;1370;102767;20392;55129;1405;24827;24839;102767;92651;55129;10303;76965;24839;92651;24881;51238;10303;113084;76965;24881;113085;113086;51238;113084;113087;24605;113085;113086;113088;24594;113087;24605;90752;113088;51801;24594;76963;74931;90752;51801;101901;90686;76963;33220;74931;101901;49482;90686;74954;178;33220;49482;79451;74954;182;178;335;79451;40769;42308;182;33200;335;40769;45185;40607;42308;33200;33199;45185;42310;310;40607;33204;33199;69773;42310;310;77394;33204;35;312;69773;77394;59482;35;76993;312;69771;59482;37959;76993;49471;69771;35094;37959;49479;75068;49471;35094;49776;49479;77392;49463;75068;33208;49776;33187;77392;49463;69727;33208;235;33187;79333;49476;69727;1915;235;79333;102782;121;49476;589;1915;1901;102782;676;121;589;1899;81591;1901;676;86877;49473;1899;704;81591;86877;443;49473;618;38321;704;443;45157;618;38324;1322;38321;45157;1323;432;38324;1322;38320;46833;1323;433;432;38320;434;435;46833;433;864;434;54675;435;54676;864;102750;54675;119002;54676;76420;102750;49523;119002;49590;76420;38531;49523;37708;49590;102502;38531;150325;73494;37708;73496;102502;150325;18088;18091;73494;38328;73496;18088;48941;436;18091;38328;899;901;48941;436;22432;437899;38306;901;44982;22432;437;47501;38306;40792;44982;38240;47501;438;7092;439;38240;54516;438;7092;118995;439;54512;38233;54516;118995;38304;11753;54512;38233;10966;38304;10981;11753;10982;10971;10966;10975;10981;10982;10973;10971;10972;10975;57071;10973;79694;125651;10972;133939;57071;125647;79694;125651;125648;125649;133939;125647;125650;125656;125648;125670;125649;125650;124166;125656;125652;125665;125670;124166;132365;133943;125652;125658;125665;125659;132365;124164;133943;125658;124165;125659;125657;125666;124164;125669;124165;125657;120829;125666;125667;125669;125668;120829;125667;125668
1926	2406	38664;21577;20385;21520;20387;1111;20393;21577;67220;103039;21520;55406;1111;67220;1370;103039;20392;1405;55406;24827;1370;20392;102767;1405;55129;24839;24827;92651;102767;55129;10303;76965;24839;92651;24881;51238;10303;113084;76965;113085;24881;51238;113086;113087;113084;113085;24605;113088;113086;24594;113087;24605;90752;113088;51801;24594;76963;90752;74931;51801;101901;76963;90686;74931;33220;101901;49482;90686;74954;33220;178;79451;49482;182;74954;178;335;40769;79451;42308;182;33200;335;40769;45185;40607;42308;33199;33200;45185;42310;40607;310;33204;33199;69773;42310;77394;310;35;33204;312;69773;77394;59482;76993;35;312;69771;37959;59482;76993;49471;69771;35094;37959;49479;49471;75068;49776;35094;49479;77392;75068;49463;33208;49776;33187;77392;49463;69727;235;33208;79333;33187;69727;49476;235;51796;77389;79333;49476;49488;77385;51796;77383;77389;33190;49488;36961;77385;44885;77383;33190;119137;83777;36961;116198;44885;119137;116196;76155;83777;116198;1306;40762;116196;42095;76155;42094;1306;1220;40762;42095;83690;103859;42094;1220;87462;83690;90704;100589;103859;81377;87462;3945;90704;3946;100589;3947;81377;81742;3945;3946;1604;3329;3947;81742;129155;1305;1604;3329;100592;33644;129155;1305;100065;100592;33645;33644;49526;100065;54827;49978;33645;4593;49526;4591;54827;49978;4592;4581;4593;4591;825;824;4592;4581;826;52832;825;824;4077;4076;826;52691;52832;81496;4077;1620;4076;52691;87827;49644;81496;1620;399;87827;1810;49516;49644;399;77681;1810;4100;49953;49516;77681;49954;4100;77281;77280;49953;49954;74930;49957;77281;77280;69785;74930;49957;69785

Origem	Destino	Links na rede
1926	2550	21521;21577;20385;20387;21520;20393;1111;21577;67220;103039;21520;55406;1111;1370;67220;103039;20392;55406;1405;24827;1370;102767;20392;55129;1405;24839;24827;102767;92651;55129;10303;76965;24839;92651;24881;10303;51238;113084;76965;113085;24881;51238;113086;113084;113087;24605;113085;113088;113086;24594;113087;24605;90752;113088;51801;24594;76963;90752;74931;101901;51801;76963;90686;33220;74931;49482;101901;74954;90686;178;33220;49482;79451;74954;182;178;335;79451;40769;182;42308;335;33200;40769;45185;40607;42308;33199;33200;45185;42310;40607;310;33204;33199;42310;69773;310;77394;35;33204;69773;312;77394;59482;35;76993;69771;312;59482;37959;76993;49471;35094;69771;37959;49479;75068;49471;49776;35094;77392;49479;75068;49463;33208;49776;33187;77392;69727;49463;235;33208;79333;33187;69727;49476;1915;235;102782;79333;121;49476;1915;589;1901;102782;676;121;1899;589;81591;1901;676;86877;49473;1899;704;81591;443;86877;618;49473;704;38321;443;45157;38324;618;1322;38321;1323;45157;38324;432;38320;1322;1323;54673;9391;432;75209;38320;9423;54673;9391;9422;9421;75209;9420;9423;82021;9422;9421;19165;19140;9420;82021;19139;19095;19165;134849;19140;134848;19139;134847;19095;19098;134849;134848;19101;19087;134847;19098;34994;19101;123403;19087;19086;38529;34994;38975;123403;18690;19086;38529;55610;38975;55611;18690;78856;18691;55610;46299;55611;50870;78856;78000;18691;46299;50869;50870;50868;50867;78000;50866;50869;77999;50868;50867;77998;50865;50866;77999;77998;50865
2405	6	129796;32819;32820;32824;129798;33011;81433;48664;252;63;32830;32974;32833;32831;358;32919;42975;40774;42973;62;116;115;1258;119;353;592;580;406;407;54670;36944;119007;81281;32;33;102;44884;48226;42997;101;128;90798;90797;69710;99086;11747;43709;37170;302;37165;11752;37168;43442;43443;11748;40640;40639;11749;11750;102901;43708;37882;37883;2211;83252;75271
2405	1926	129796;32819;32820;32824;46929;32822;91;389;390;392;34627;80;224;226;32815;32816;42898;28332;75574;40066;43376;93;28330;43375;43373;36;587;42006;42005;40190;61669;49461;49627;61667;13;174;1931;1928;38901;1920;1926;1925;306;33203;83285;83695;40607;40606;40605;40602;42306;40770;39366;75669;78027;52127;57952;57985;90862;83406;74933;74932;82904;100518;101902;90672;82905;91846;76581;1392;76631;50239;76630;76629;10300;10299;10301;10298;76964;49487;75313;44844;76966;67301;10304;44846;76967;55135;51011;1113;1112;20394;43218;93653;82376;126418;46032;120936;20390;20389;21522;20393;21521;21535
2405	2406	129796;32819;32820;32824;129798;33011;81433;48664;252;63;32830;32974;32833;32831;358;32919;42975;40774;42973;62;116;115;1258;119;34502;1256;565;38023;37051;37045;55462;55463;4029;92783;49943;81434;69792;4028;37984;49643;1260;1700;69788;1408;4077;4076;52691;81496;1620;87827;49644;399;1810;49516;77681;4100;49953;49954;77281;77280;74930;49957;69785
2405	2430	129796;32819;32820;32824;129798;33011;81433;48664;252;63;360;38820;38897;363;38898;45826;46931;79748;52602;79749;33193;364;38392;196;79148;54669;38321;45157;77364;69482;69480;75289;54667;79467;52981;49514;51798;49893;123497;128875;33196;33197;78499;3669;49894;33198;69787;45728;49895;49896;75254;81724;1144;3676;3677;3735;3736;3663;81711;3662;81714;3700;3699;3711;3712;3714;38017;42192;42193;3713;3800;3801;3802;3745;118936;81413;83515;103676;118940;892;78991
2405	2545	129796;32819;32820;32824;129798;33011;81433;48664;252;63;360;38820;38897;363;38898;45826;46931;79748;52602;79749;33193;364;38392;196;79148;54669;38321;45157;38324;1322;1323;432;38320;46833;433;434;435;864;54675;54676;102750;119002;76420;49523;49590;38531;37708;102502;150325;73494;73496;18088;18091;38328;48941;436;899;901;22432;437;38306;44982;47501;40792;38240;438;7092;439;54516;118995;54512;38233;38304;11753;10966;10981;10982;10971;10975;10973;10972;57071;79694;125651;133939;125647;125648;125649;125650;125656;125670;124166;125652;125665;132365;133943;125658;125659;124164;124165;125657;125666;125669;120829;125667;125668
2406	6	49957;69785;49640;77591;3959;49934;49933;3958;49932;49635;49940;139888;139887;42805;69786;398;49515;49941;78500;397;78843;396;102748;128874;49514;51798;49522;77982;50174;432;38320;46833;433;434;435;864;54675;54676;102750;119002;76420;49523;49590;38531;37708;102502;150325;73494;73496;18088;18091;38328;48941;436;899;901;22432;437;38306;44982;47501;40792;38240;438;7092;439;54516;118995;54512;38233;38304;11753;10966;10981;10982;10971;10975;10973;10972;57071;79694;125651;133939;125647;125648;125649;125650;125656;125670;124166;125652;125665;132365;133943;125658;125659;124164;124165;125657;125666;125669;120829;125667;125668
2406	1926	49957;69785;49640;77591;3959;49934;49933;3958;49932;49635;49940;139888;139887;42805;69786;398;49515;49941;78500;397;78843;396;102748;128874;49514;51798;49522;77982;50174;432;38320;46833;433;434;435;864;54675;54676;102750;119002;76420;49523;49590;38531;37708;102502;150325;73494;73496;18088;18091;38328;48941;436;899;901;22432;437;38306;44982;47501;40792;38240;438;7092;439;54516;118995;54512;38233;38304;11753;10966;10981;10982;10971;10975;10973;10972;57071;79694;125651;133939;125647;125648;125649;125650;125656;125670;124166;125652;125665;132365;133943;125658;125659;124164;124165;125657;125666;125669;120829;125667;125668
2406	2405	49957;69785;49958;4120;4115;4116;4118;49955;37027;4102;75164;49639;1222;4054;45246;52434;4067;4049;4057;4048;45261;120525;377;376;4024;4045;4025;38383;4026;375;4027;374;45205;373;372;37046;37051;60;55467;37898;80185;51868;564;69477;61;114;1257;1255;1254;42974;40773;361;32828;32829;32821;357;129799;129795;126;33010;1253;129796;32819
2406	2430	49957;69785;49640;55399;3561;1207;1208;3560;134750;3558;49636;3557;47027;3749;3755;3754;3753;3752;39328;3726;3722;49899;3730;3729;81721;3731;49903;81722;81411;871;18995;3745;118936;81413;83515;103676;118940;892;78991
2406	2545	49957;69785;49640;77591;3959;49934;49933;3958;49932;49635;49940;139888;139887;42805;69786;398;49515;49941;78500;397;78843;396;102748;128874;49514;51798;49522;77982;50174;432;38320;46833;433;434;435;864;54675;54676;102750;119002;76420;49523;49590;38531;37708;102502;150325;73494;73496;18088;18091;38328;48941;436;899;901;22432;437;38306;44982;47501;40792;38240;438;7092;439;54516;118995;54512;38233;38304;11753;10966;10981;10982;10971;10975;10973;10972;57071;79694;125651;133939;125647;125648;125649;125650;125656;125670;124166;125652;125665;132365;133943;125658;125659;124164;124165;125657;125666;125669;120829;125667;125668
2430	6	892;18994;40120;871;18995;3802;3801;3812;101020;42192;38017;3714;3712;3715;3716;3717;3718;3719;3744;39325;39326;57902;49910;49635;49940;139888;139887;42805;69786;398;49515;49941;78500;397;78843;396;102748;33195;37017;37019;38322;38325;38319;103;102740;407;54670;36944;119007;81281;32;33;102;44884;48226;42997;101;128;90798;90797;69710;99086;11747;43709;37170;302;37165;11752;37168;43442;43443;11748;40640;40639;11749;11750;102901;43708;37882;37883;2211;83252;75271

Origem	Destino	Links na rede
2430	1926	892;18994;40120;871;18995;3802;3801;3812;101020;42192;38017;3714;3712;3715;3716;3717;3718;3719;3744;39325;39326;57902;49910;49635;49940;139888;139887;42805;69786;398;49515;49941;78500;397;78843;396;102748;33195;37017;37019;38322;38325;38319;103;102740;407;54670;36944;119007;81281;32;33;102;44882;75078;77382;712;77386;49528;119127;513;77393;1984;339;337;338;548;51793;43469;49512;49513;74992;75076;75077;37963;336;51411;52087;553;67197;33012;119193;69774;1943;33214;40603;40606;40605;40602;42306;40770;39366;75669;78027;52127;57952;57985;90862;83406;74933;74932;82904;100518;101902;90672;82905;91846;76581;1392;76631;50239;76630;76629;10300;10299;10301;10298;76964;49487;75313;44844;76966;67301;10304;44846;76967;55135;51011;1113;1112;20394;43218;93653;82376;126418;46032;120936;20390;20389;21522;20393;21521;21535
2430	2405	892;18994;40120;871;18995;3802;3801;3812;101020;42192;38017;3714;3712;3715;3716;3717;3718;3719;3744;39325;39326;57902;49910;49635;49940;139888;139887;42805;69786;398;49515;49941;78500;397;78843;396;102748;33195;37017;37019;38322;38325;38319;54668;49611;77559;49612;69478;49547;79929;79930;34501;69475;353;592;61;114;1257;1255;1254;42974;40773;361;32828;32829;32821;357;129799;129795;126;33010;1253;129796;32819
2430	2406	892;18994;40120;871;18995;3802;3801;3812;101020;42192;38017;3714;3712;3715;3716;3717;3718;3719;3744;39325;39326;57902;49910;49889;3623;49888;3622;49934;4003;3998;3999;4000;3956;4129;4122;4121;4119;4120;4115;4130;49957;69785
2430	2545	892;18994;40120;871;18995;3745;118936;81413;872;19020;891;49588;128903;86716;890;5820;22409;22410;5815;69798;133802;69801;128898;51137;5816;55487;55489;51139;69802;74632;50121;51140;51141;69806;7713;83352;101007;7715;7716;7708;69805;69807;7707;69812;7695;69811;69814;51143;7137;40788;7168;7138;7151;7156;7149;7154;100938;131868;123345;131854;7140;47465;7164;7165;36675;36673;8297;8289;50111;438;7092;439;54516;118995;54512;38233;38304;11753;10966;10981;10982;10971;10975;10973;10972;57071;79694;125651;133939;125647;125648;125649;125650;125651;125652;125653;125654;125655;125656;125657;125658;125659;125660;125661;125662;125663;125664;125665;125666;125667;125668
2545	6	125667;120829;125669;125666;120828;121487;120830;121486;108051;108055;124169;103861;108060;83338;54499;54498;38231;54497;54531;61221;54528;38242;38241;16840;16842;38244;16844;54530;38243;54529;54532;36436;69374;79695;38300;133944;78352;22435;48519;22436;22429;10582;10584;10504;10507;40072;18078;22431;22430;902;900;199;38102;7689;18092;18089;7686;7662;150324;898;897;7663;99829;102743;71996;54672;54674;54671;77363;102744;200;201;1294;38323;395;394;38325;38319;103;102740;407;54670;36944;119007;81281;32;33;102;44884;48226;42997;101;128;90798;90797;69710;99086;11747;43709;37170;302;37165;11752;37168;43442;43443;11748;40640;40639;11749;11750;102901;43708;37882;37883;2211;83252;75271
2545	1926	125667;120829;125669;125666;120828;121487;120830;121486;108051;108055;124169;103861;108060;83338;54499;54498;38231;54497;54531;61221;54528;38242;38241;16840;16842;38244;16844;54530;38243;54529;54532;36436;69374;79695;38300;133944;78352;22435;48519;22436;22429;10582;10584;10504;10507;40072;18078;22431;22430;902;900;199;38102;7689;18092;18089;7686;7662;150324;898;897;7663;99829;102743;71996;54672;54674;54671;77363;102744;200;201;1294;38323;395;394;38325;38319;103;102740;407;54670;36944;119007;81281;32;33;102;44882;75078;77382;712;77386;49528;119127;513;77393;1984;339;337;338;548;51793;43469;49512;49513;74992;75076;75077;37963;336;51411;52087;553;67197;33012;119193;69774;1943;33214;40603;40606;40605;40602;42306;40770;39366;75669;78027;52127;57952;57985;90862;83406;74933;74932;82904;100518;101902;90672;82905;91846;76581;1392;76631;50239;76630;76629;10300;10299;10301;10298;76964;49487;75313;44844;76966;67301;10304;44846;76967;55135;51011;1113;1112;20394;43218;93653;82376;126418;46032;120936;20390;20389;21522;20393;21521;21535
2545	2405	125667;120829;125669;125666;120828;121487;120830;121486;108051;108055;124169;103861;108060;83338;54499;54498;38231;54497;54531;61221;54528;38242;38241;16840;16842;38244;16844;54530;38243;54529;54532;36436;69374;79695;38300;133944;78352;22435;48519;22436;22429;10582;10584;10504;10507;40072;18078;22431;22430;902;900;199;38102;7689;18092;18089;7686;7662;150324;898;897;7663;99829;102743;71996;54672;54674;54671;77363;102744;200;201;1294;38323;395;394;38325;38319;54668;49611;77559;49612;69478;49547;79929;79930;34501;69475;353;592;61;114;1257;1255;1254;42974;40773;361;32828;32829;32821;357;129799;129795;126;33010;1253;129796;32819
2545	2406	125667;120829;125669;125666;120828;121487;120830;121486;108051;108055;124169;103861;108060;83338;54499;54498;38231;54497;54531;61221;54528;38242;38241;16840;16842;38244;16844;54530;38243;54529;54532;36436;69374;79695;38300;133944;78352;22435;48519;22436;22429;10582;10584;10504;10507;40072;18078;22431;22430;902;900;199;38102;7689;18092;18089;7686;7662;150324;898;897;7663;99829;102743;71996;54672;54674;54671;77363;102744;200;201;1294;38323;54665;75253;49893;123497;128875;33196;33197;78499;3669;49894;33198;398;4007;49942;49629;3995;3996;3997;3998;3999;4000;3956;4129;4122;4121;4119;4120;4115;4130;49957;69785
2545	2430	125667;120829;125669;125666;120828;121487;120830;121486;108051;108055;108056;108058;108059;108057;124168;124167;54513;54507;54519;54526;54510;76203;54520;41176;61151;71685;71687;50333;74757;61152;74758;50332;70914;74854;70198;10987;74928;54522;54504;10986;40796;8173;87558;87555;87556;87557;77250;71688;41264;50127;81979;8159;81975;50129;79350;50052;78945;8195;78690;129915;129916;129912;8201;50130;8199;83023;8007;8006;81981;61162;87722;81964;81950;9051;9050;87739;99927;87736;81970;99928;9045;7090;9026;9023;9024;7089;99929;7877;7874;7873;85780;81876;124608;5865;81944;5824;133743;128900;74682;128902;52758;128901;133742;118941;892;78991
2550	6	50864;50865;77998;77999;50866;50867;50868;50869;78000;50870;46299;18691;78856;55611;55610;18690;38975;38529;19086;123403;34994;19087;19101;19098;134847;134848;134849;19051;44695;131524;131528;19166;19186;19182;992;83133;92471;52152;83134;101434;36998;36999;52156;49613;37005;52155;49610;49906;49909;1293;1294;38323;395;394;38325;38319;103;102740;407;54670;36944;119007;81281;32;33;102;44884;48226;42997;101;128;90798;90797;69710;99086;11747;43709;37170;302;37165;11752;37168;43442;43443;11748;40640;40639;11749;11750;102901;43708;37882;37883;2211;83252;75271
2550	1926	50864;50865;77998;77999;50866;50867;50868;50869;78000;50870;46299;18691;78856;55611;55610;18690;38975;38529;19086;123403;34994;19087;19101;19098;134847;134848;134849;19051;44695;131524;131528;19166;19186;19182;992;83133;92471;52152;83134;101434;36998;36999;52156;49613;37005;52155;49610;49906;49909;1293;1294;38323;395;394;38325;38319;103;102740;407;54670;36944;119007;81281;32;33;102;44882;75078;77382;712;77386;49528;119127;513;77393

Origem	Destino	Links na rede
		3;1984;339;337;338;548;51793;43469;49512;49513;74992;75076;75077;37963;336;51411;52087;553;67197;33012;119193;69774;1943;33214;40603;40606;40605;40602;42306;40770;39366;75669;78027;52127;57952;57985;90862;83406;74933;74932;82904;100518;101902;90672;82905;91846;76581;1392;76631;50239;76630;76629;10300;10299;10301;10298;76964;49487;75313;44844;76966;67301;10304;44846;76967;55135;51011;1113;1112;20394;43218;93653;82376;126418;46032;120936;20390;20389;21522;20393;21521;21535
2550	2405	50864;50865;77998;77999;50866;50867;50868;50869;78000;50870;46299;18691;78856;55611;55610;18690;38975;38529;19086;123403;34994;19087;19101;19098;134847;134848;134849;19051;44695;131524;131528;19166;19186;19182;992;83133;92471;52152;83134;101434;36998;36999;52156;49613;37005;52155;49610;49906;49909;1293;1294;38323;395;394;38325;38319;54668;49611;77559;49612;69478;49547;79929;79930;34501;69475;353;592;61;114;1257;1255;1254;42974;40773;361;32828;32829;32821;357;129799;129795;126;33010;1253;129796;32819
2550	2406	50864;50865;77998;77999;50866;50867;50868;50869;78000;50870;46299;18691;47330;19056;46298;19103;19104;19105;19052;19106;18864;19108;19109;49605;19111;19124;19122;19116;19125;8840;8853;8864;8863;8854;8856;8855;134786;8858;42041;74707;74708;74709;74710;79219;75088;92161;91523;83305;52986;38087;128768;54402;38086;52984;128769;51798;49893;123497;128875;33196;33197;78499;3669;49894;33198;398;4007;49942;49629;3995;3996;3997;3998;3999;4000;3956;4129;4122;4121;4119;4120;4115;4130;49957;69785
2550	2430	50864;50865;77998;77999;50866;50867;50868;50869;78000;50870;46299;18691;78856;55611;55610;18690;38975;38529;19086;123403;34994;19087;19101;19098;134847;134848;134849;19051;44695;131524;131528;19166;19186;19182;992;83133;92471;52152;83134;101434;36998;36999;52156;52153;49897;49602;3682;3695;3694;3693;3692;42189;3691;3811;81715;3707;3706;3798;3799;3800;3801;3802;3745;118936;81413;83515;103676;118940;892;78991
2565	6	81282;101948;1225;1226;32970;32971;590;3111;3091;3092;3087;3088;3097;3099;3100;3104;566;533;3120;99640;85791;48361;81313;48362;81312;99456;99637;4298;81285;487;1441;4309;3399;719;653;528;37201;697;511;4271;37194;37199;37196;4315;4350;37188;4338;44524;1507;4363;47308;4345;1161;530;518;619;670;465;124032;124031;92592;81314;2791600;115635;104310;405;115629;49504;78528;50479;40743;346;48558;47222;40744;11713;44814;11771;42901;42904;11163;69683;32760;69685;100506;53093;103483;347;75270;50472;69687;38135;43443;11748;40640;40639;11749;11750;102901;43708;37882;37883;2211;83252;75271
2565	1926	81282;101948;1225;1224;1223;1244;41985;49860;51917;40103;61327;61372;75081;40105;76153;61332;61316;61328;52165;61385;51918;51921;61375;51924;67166;77379;34686;51797;5535;67163;49761;51922;49642;50477;49760;49759;49758;1721;51986;67146;1720;102761;116201;44891;44893;77089;44888;44886;5770;77088;49699;35510;44882;75078;77382;712;77386;49528;119127;513;77393;1984;339;337;338;548;51793;43469;49512;49513;74992;75076;75077;37963;336;51411;52087;553;67197;33012;119193;69774;1943;33214;40603;40606;40605;40602;42306;40770;39366;75669;78027;52127;57952;57985;90862;83406;74933;74932;82904;100518;101902;90672;82905;91846;76581;1392;76631;50239;76630;76629;10300;10299;10301;10298;76964;49487;75313;44844;76966;67301;10304;44846;76967;55135;51011;1113;1112;20394;43218;93653;82376;126418;46032;120936;20390;20389;21522;20393;21521;21535
2565	2405	81282;101948;1225;1224;1223;1244;41985;49860;51917;40103;61327;61372;75081;40105;76153;61332;61316;61328;52165;61385;40117;61377;61383;40115;5288;40180;5282;91465;99531;42729;42730;5281;44653;5280;5276;5247;1598;37082;37078;37080;37081;5242;5244;33599;82928;5235;45750;45751;5236;5267;5232;5261;5239;5240;3329;129155;1305;130445752;39385;59;69791;3347;49859;55468;60;55467;37898;80185;51868;564;69477;61;114;1257;1255;1254;42974;40773;361;32828;32829;32821;357;129799;129795;126;33010;1253;129796;32819
2565	2406	81282;101948;1225;1224;1223;1244;41985;49860;61272;61273;74666;41986;3458;3450;3451;3551;42728;3534;3452;34533538;40112;3454;3455;3456;3457;3888;3890;3466;1595;3894;3839;81737;3846;3845;134;133;132;131;69784;1590;130;5849644;399;1810;49516;77681;4100;49953;49954;77281;77280;74930;49957;69785
2565	2430	81282;99824;977348;152;521;118955;118954;99823;87670;87667;91053;87665;87666;87663;87669;90637;81453;90639;90640;82970;1341;1340;46800;44542;1339;44541;101546;99460;81452;81451;100515;100513;938;32969;100512;81518;35092;100517;1338;100508;1351;2668;40779;40782;40781;22394;1626;46793;1336;2618;2617;147716;49773;1337;49837;90782;100829;49683;49754;78552;74774;78536;49827;81618;2615;100524;2614;69793;81627;100902;100903;82639;10052578701;57969;78542;5150;5151;100528;87779;90707;100527;100530;81831;5137;81843;81834;5154;5166;5155;78544;30545;69794;50003;52116;5180;50022;5220;5214;5215;40785;30537;46803;5195;22397;52095;50023;83043;50010;50024;69795;50025;50026;22408;78534;22407;22406;50027;78535;50028;50029;50020;50021;134761;79327;52758;128901;133742;118941;892;78991
2580	6	21016;43774;12846;76097;76861;50516;12860;12847;12891;12848;12872;12870;48252;12902;12853;10033;50519;76961;55197;129641;121296;20861;22259;20862;22253;10032;22246;49387;10031;22213;22230;22212;22227;22211;51124;5112251120;22238;22209;22121;82402;128795;74717;67279;67280;286;49500;49501;59466;9792;9794;9793;52344;128818;134122;49502;52345;2232;42943;83252;75271
2580	1926	21016;69528;69529;38736;75455;69697;55277;79462;51861;55283;38808;128744;51010;55133;78492;78495;75676;7849438665;1107;1108;1109;43220;93676;93675;21522;20393;21521;21535
2580	2405	21016;69528;69529;38736;75455;69697;55277;79462;51861;55283;38808;128744;51010;55133;78492;78495;75676;7849438665;93955;43218;93653;82376;126418;21532;1403;1402;1405;24827;102767;55129;24839;92651;10303;76965;24881;51238;113084;113085;113086;113087;24605;113088;24594;90752;51801;76963;74931;101901;90686;33220;49482;74954;178;79451;182;177;98;34628;43355;35136;81289;90783;90784;90713;100074;100827;81288;90789;74944;1921;49780;1918174;173;11763;11764;491;442;74690;49681;86723;1332;12;92511;59617;92515;59616;59615;49650;1270;33010;1253;129796;32819
2580	2406	21016;43774;12846;76097;76861;50516;12860;12847;12891;12848;12872;12870;48252;12902;12853;10033;50519;76961;55197;129641;121296;20861;22259;20862;22253;10032;22246;49387;10031;22213;22230;22212;22227;22211;51124;5112251120;22238;22209;22121;82402;128795;74717;67279;67280;286;49500;49501;59466;9792;9794;9793;52344;128818;134122;49502;52345;2232;101534;2226;37884;2206;2228;2210;2234;37885;2216;2217;2218;37879;2219;39758;39759;59483103646;59484;301;106176;122776;122774;122775;24;37862;2152;2148;25;26;717;27;37874;37860;596;40756;538;39761;59489;149;635;101503;81290;34;351;36954;488;102752;443;618;106;350;117;118;116;115;1258;119;34502;1256;565;380

Origem	Destino	Links na rede
		23;37051;37045;55462;55463;4029;92783;49943;81434;69792;4028;37984;49643;1260;1700;69788;1408;4077;4076;52691;81496;1620;87827;49644;399;1810;49516;77681;4100;49953;49954;77281;77280;74930;49957;69785
2580	2430	21016;43774;12846;76097;76861;50516;12860;12847;12891;12848;12872;12870;48252;12902;12853;10033;50519;76961;55197;129641;121296;20861;22259;20862;22253;10032;22246;49387;10031;22213;22230;22212;22227;22211;51124;51122;51120;22238;22209;22121;82402;128795;74717;67279;67280;286;49500;49501;59466;9792;9794;9793;52344;128818;134122;49502;52345;2232;101534;2226;37884;2206;2228;2210;2234;37885;2216;2217;2218;37879;2219;39758;39759;59483;103646;59484;301;106176;122776;122774;122775;24;37862;2152;2148;25;26;717;27;37874;37860;596;40756;538;39761;59489;149;635;101503;81290;34;351;36954;488;102752;443;618;38321;45157;77364;69482;69480;75289;54667;79467;52981;49514;51798;49893;123497;128875;33196;33197;78499;3669;49894;33198;69787;45728;49895;49896;75254;81724;1144;3676;3677;3735;3736;3663;81711;3662;81714;3700;3699;3711;3712;3714;38017;42192;42193;3713;3800;3801;3802;3745;118936;81413;83515;103676;118940;892;78991
2642	3267	87426;87424;87424;87425;87425;81463;81463;92762;92762;557;557;81513;81513;81375;81375;101877;101877;100905;100905;1711;1711;1712;1712;81562;81562;81564;81564;87822;87822;81566;81566;81567;81567;81569;81569;81570;81570;90627;90627;90626;90626;732;732;81337;81337;81524;81524;81478;81478;2654;2654;74684;74684;49755;49755;42220;42220;49751;49751;81618;81618;2615;2615;100524;100524;2614;2614;69793;69793;81627;81627;100902;100902;100903;100903;82639;82639;100525;100525;78701;78701;57969;57969;78542;78542;5150;5150;5151;5151;100528;100528;87779;87779;90707;90707;100527;100527;100530;100530;81831;81831;5137;5137;81843;81843;81834;81834;5154;5154;5166;5166;5155;5155;78544;78544;30545;30545;69794;69794;50003;50003;52116;52116;5180;5180;50022;50022;5220;5220;5214;5214;5215;5215;40785;40785;30537;30537;46803;46803;5195;5195;22397;22397;52095;52095;50023;50023;83043;83043;50010;50010;50024;50024;69795;69795;50025;50025;50026;50026;22408;22408;78534;78534;22407;22407;22406;22406;50027;50027;78535;78535;50028;50028;69796;69796;5217;5217;5202;5202;5221;5221;5216;5216;5820;5820;22409;22409;22410;22410;5815;5815;69798;69798;133802;133802;69801;69801;128898;128898;51137;51137;5816;5816;55487;55487;55489;55489;51139;51139;69802;69802;74632;74632;50121;50121;51140;51140;51141;51141;69806;69806;7713;7713;49596;49596;90750;90750
2642	6	74743;87424;87425;1675;49684;74742;1671;79000;75387;93076;81461;90654;90655;147;154;155;38990;47703;2662;430;40074;1310;128935;78549;49721;129069;129068;44806;44772;46819;44723;3136;44791;112;3134;3107;36201;81406;3137;81339;1017;2937;81648;2936;1480;2935;2934;2933;2932;35927;49840;75679;334;75644;75027;50471;2768;69665;34417;2767;75291;2769;74943;92592;81314;2791;600;115635;104310;405;115629;49504;78528;50479;40743;346;48558;47222;40744;11713;44814;11771;42901;42904;11163;69683;32760;69685;100506;53093;103483;347;75270;50472;69687;38135;43443;11748;40640;40639;11749;11750;102901;43708;37882;37883;2211;83252;75271
2642	3268	74743;87424;87425;87432;81464;83398;83399;1353;1354;75110;30497;30496;42768;47460;1357;1358;1359;49687;78935;78704;49688;49690;78708;78938;35831;49747;2590;70213;49745;49816;52491;77422;49727;70178;74688;40556;74689;74686
2642	1926	87426;87424;87425;1675;49684;74742;1671;79000;75387;93076;81461;90654;81460;81459;100510;1349;1341;100872;81457;81456;41493;42435;42224;100966;26965;100983;789;47550;101950;46842;46843;36045;40106;61320;61327;61372;75081;40105;76153;61332;61316;61328;52165;61385;51918;51921;61375;51924;67166;77379;34686;51797;5535;67163;49761;51922;49642;50477;49760;49759;49758;1721;51986;67146;1720;102761;116201;44891;44893;77089;44888;44886;5770;77088;49699;35510;44882;75078;77382;712;77386;49528;119127;513;77393;1984;339;337;338;548;51793;43469;49512;49513;74992;75076;75077;37963;336;51411;52087;553;67197;33012;119193;69774;1943;33214;40603;40606;40605;40602;42306;40770;39366;75669;78027;52127;57952;57985;90862;83406;74933;74932;82904;100518;101902;90672;82905;91846;76581;1392;76631;50239;76630;76629;10300;10299;10301;10298;76964;49487;75313;44844;76966;67301;10304;44846;76967;55135;51011;1113;1112;20394;43218;93653;82376;126418;46032;120936;20390;20389;21522;20393;21521;21535
2642	3269	87426;87424;87425;1675;49684;74742;1671;79000;75387;93076;81461;90654;81460;81459;100510;1349;1341;1340;46800;44542;1339;44541;101546;99460;81452;81451;101956;81362;100687;100980;81519;97284;37298;81388;81525;81386;745;99473;81624;49831;1269;1268;1267;1266;1265;1264;49649;69780;135;90658;81592;69782;134;133;132;131;69784;1590;130;58;49644;399;1810;49516;77681;4100;49953;49954;77281;77280;74930;49957;69785;49640;77591;3959;49934;49933;3958;49932;49635;49940;139888;139887;42805;69786;398;49515;49941;78500;397;78843;396;102748;128874;49514;61274;123619;78647;52995;128767;38082;38084;92156;1093;8522;50143;81423;70191;8507;37895;8510;1001;8508;92154;92150;100782;70194;100783;8464;99177;82001;8473;83523;92146;81998;70196;52751;186;91220;55199;52753;4484;100717;49484;49483;52627;8692;8693;52349;9374;50184;82019;61677
2650	6	51378;61278;156;74718;61280;49839;49823;2600;81502;51759;82875;26945;32966;32967;3070;46824;71;100576;100916;100915;100577;1066;81294;26951;100574;44772;46819;44723;3136;44791;112;3134;3107;36201;81406;3137;81339;1017;2937;81648;2936;1480;2935;2934;2933;2932;35927;49840;75679;334;75644;75027;50471;2768;69665;34417;2767;75291;2769;74943;92592;81314;2791;600;115635;104310;405;115629;49504;78528;50479;40743;346;48558;47222;40744;11713;44814;11771;42901;42904;11163;69683;32760;69685;100506;53093;103483;347;75270;50472;69687;38135;43443;11748;40640;40639;11749;11750;102901;43708;37882;37883;2211;83252;75271
2650	1926	51378;61278;156;74718;82542;1632;26970;128942;51375;81501;82545;90745;100545;49549;100547;128947;1633;121230;121232;81500;100540;100538;49698;78548;99821;41302;1227;81432;1228;118945;101948;1225;1224;1223;1244;41985;49860;51917;40103;61327;61372;75081;40105;76153;61332;61316;61328;52165;61385;51918;51921;61375;51924;67166;77379;34686;51797;5535;67163;49761;51922;49642;50477;49760;49759;49758;1721;51986;67146;1720;102761;116201;44891;44893;77089;44888;44886;5770;77088;49699;35510;44882;75078;77382;712;77386;49528;119127;513;77393;1984;339;337;338;548;51793;43469;49512;49513;74992;75076;75077;37963;336;51411;52087;553;67197;33012;119193;69774;1943;33214;40603;40606;40605;40602;42306;40770;39366;75669;78027;52127;57952;57985;90862;83406;74933;74932;82904;100518;101902;90672;82905;91846;76581;1392;76631;50239;76630;76629;10300;10299;10301;10298;76964;49487;75313;44844;76966;67301;10304;44846;76967;55135;51011;1113;1112;20394;43218;93653;82376;126418;46032;120936;20390;20389;21522;20393;21521;21535

Origem	Destino	Links na rede
2650	2405	51378;61278;156;74718;82542;1632;26970;128942;51375;81501;82545;100542;128937;128939;128938;81297;100548;100543;81368;81359;90641;1350;81453;90639;90640;82970;1341;1340;46800;44542;1339;44541;101546;99460;81452;81451;101956;81362;100687;100980;81519;97284;37298;81388;81525;81386;745;99473;81624;49831;1269;1268;1267;1266;1265;1264;49649;69780;135;90658;81592;69782;134;133;132;131;69784;1590;130;58;4583;1621;48571;48572;38907;826;52832;822;69789;378;49532;665;33180;55486;69790;59;69791;3347;49859;55468;60;55467;37898;80185;51868;564;69477;61;114;1257;1255;1254;42974;40773;361;32828;32829;32821;357;129799;129795;126;33010;1253;129796;32819
2650	2406	51378;61278;156;74718;82542;1632;26970;128942;51375;81501;82545;100542;128937;128939;128938;81297;100548;100543;81368;81359;90641;1350;81453;90639;90640;82970;1341;1340;46800;44542;1339;44541;101546;99460;81452;81451;101956;81362;100687;100980;81519;97284;37298;81388;81525;81386;745;99473;81624;49831;1269;1268;1267;1266;1265;1264;49649;69780;135;90658;81592;69782;134;133;132;131;69784;1590;130;58;49644;399;1810;49516;77681;4100;49953;49954;77281;77280;74930;49957;69785
2650	2430	51378;61278;156;74718;82542;1632;26970;128942;51375;81501;82545;100542;128937;128939;128938;81297;100548;100543;81368;81359;90641;1350;81453;90639;90640;82970;1341;1340;46800;44542;1339;44541;101546;99460;81452;81451;100515;100513;938;32969;100512;81518;35092;100517;1338;100508;1351;2668;40779;40782;40781;22394;1626;46793;1336;2618;2617;147716;49773;1337;49837;90782;100829;49683;49754;78552;74774;78536;49827;81618;2615;100524;2614;69793;81627;100902;100903;82639;100525;78701;57969;78542;5150;5151;100528;87779;90707;100527;100530;81831;5137;81843;81834;5154;5166;5155;78544;30545;69794;50003;52116;5180;50022;5220;5214;5215;40785;30537;46803;5195;22397;52095;50023;83043;50010;50024;69795;50025;50026;22408;78534;22407;22406;50027;78535;50028;50029;50020;50021;134761;79327;52758;128901;133742;118941;892;78991

APÊNDICE B – MATRIZ DE DESLOCAMENTOS

Representação da matriz de deslocamento, limitada a 100 registros, por se tratar de uma matriz de mais de 13 milhões de registros.

Placa	Dia	Hora	Equipamento	Tempo	Viagem	Seq_Viagem
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	11/08/2020	07:52:23	3286	00:00:00	1	1
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	11/08/2020	19:05:09	3260	00:00:00	2	1
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	11/08/2020	19:16:20	3280	00:11:11	2	2
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	12/08/2020	13:37:28	3286	00:00:00	3	1
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	12/08/2020	15:11:37	3300	01:34:09	3	2
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	12/08/2020	15:16:01	3260	00:04:24	3	3
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	12/08/2020	15:24:13	3280	00:08:12	3	4
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	15/08/2020	18:28:04	3259	00:00:00	4	1
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	16/08/2020	10:31:45	3286	00:00:00	5	1
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	16/08/2020	10:54:54	3300	00:23:09	5	2
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	19/08/2020	08:44:13	3286	00:00:00	6	1
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	20/08/2020	10:12:55	3260	00:00:00	7	1
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	20/08/2020	10:19:18	3280	00:06:23	7	2
0x0000403094CECF05CEE3FFE9E692D081E573FEACDF5557CC3FEF72928895C90	21/08/2020	20:04:10	3286	00:00:00	8	1
0x000040C08E324F1A30FD385CB6DB8939FF3C19BA50CFE8BF2A669F46A0BD1D10	09/08/2020	16:13:28	2430	00:00:00	1	1
0x000040C08E324F1A30FD385CB6DB8939FF3C19BA50CFE8BF2A669F46A0BD1D10	09/08/2020	21:28:09	3310	00:00:00	2	1
0x000040C08E324F1A30FD385CB6DB8939FF3C19BA50CFE8BF2A669F46A0BD1D10	10/08/2020	13:30:16	3302	00:00:00	3	1
0x000040C08E324F1A30FD385CB6DB8939FF3C19BA50CFE8BF2A669F46A0BD1D10	14/08/2020	12:18:32	3301	00:00:00	4	1
0x000040C08E324F1A30FD385CB6DB8939FF3C19BA50CFE8BF2A669F46A0BD1D10	19/08/2020	11:27:48	3301	00:00:00	5	1
0x000040C08E324F1A30FD385CB6DB8939FF3C19BA50CFE8BF2A669F46A0BD1D10	22/08/2020	11:16:59	3302	00:00:00	6	1
0x000052B397E4BC1902A42C6DAFEAEFE84ACB07122673F340BAD8BCDD3915EEA	21/08/2020	12:17:44	2545	00:00:00	1	1
0x000052B397E4BC1902A42C6DAFEAEFE84ACB07122673F340BAD8BCDD3915EEA	21/08/2020	22:07:28	3300	00:00:00	2	1
0x000052B397E4BC1902A42C6DAFEAEFE84ACB07122673F340BAD8BCDD3915EEA	21/08/2020	22:08:43	3266	00:01:15	2	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	10/08/2020	15:48:51	3295	00:00:00	1	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	11/08/2020	10:20:57	3295	00:00:00	2	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	11/08/2020	10:53:17	3300	00:32:20	2	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	11/08/2020	18:40:42	3295	00:00:00	3	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	11/08/2020	19:21:56	3266	00:41:14	3	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	12/08/2020	11:22:12	2642	00:00:00	4	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	12/08/2020	11:30:47	3266	00:08:35	4	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	12/08/2020	19:36:33	3266	00:00:00	5	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	13/08/2020	10:36:43	3310	00:00:00	6	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	13/08/2020	10:42:37	3277	00:05:54	6	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	13/08/2020	10:47:48	3277	00:05:11	6	3
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	13/08/2020	11:05:01	3265	00:17:13	6	4
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	13/08/2020	11:07:57	3266	00:02:56	6	5

Placa	Dia	Hora	Equipamento	Tempo	Viagem	Seq_Viagem
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	13/08/2020	17:40:13	3295	00:00:00	7	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	13/08/2020	20:17:12	3266	02:36:59	7	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	14/08/2020	08:16:00	3313	00:00:00	8	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	14/08/2020	10:12:55	3373	01:56:55	8	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	14/08/2020	10:25:41	3313	00:12:46	8	3
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	14/08/2020	11:31:46	3265	01:06:05	8	4
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	14/08/2020	11:34:22	3266	00:02:36	8	5
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	14/08/2020	13:49:17	2545	02:14:55	8	6
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	14/08/2020	18:44:42	3295	00:00:00	9	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	14/08/2020	19:31:41	3300	00:46:59	9	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	14/08/2020	19:33:25	3266	00:01:44	9	3
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	15/08/2020	11:17:45	3273	00:00:00	10	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	16/08/2020	10:17:46	3273	00:00:00	11	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	16/08/2020	10:56:03	3276	00:38:17	11	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	17/08/2020	17:58:18	3266	00:00:00	12	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	17/08/2020	19:30:31	3300	01:32:13	12	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	17/08/2020	19:32:15	3266	00:01:44	12	3
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	18/08/2020	08:50:31	3313	00:00:00	13	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	18/08/2020	08:59:20	3373	00:08:49	13	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	18/08/2020	12:10:19	3313	00:00:00	14	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	18/08/2020	18:44:24	3295	00:00:00	15	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	18/08/2020	19:24:44	3266	00:40:20	15	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	19/08/2020	18:42:29	3295	00:00:00	16	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	19/08/2020	19:44:13	3265	01:01:44	16	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	20/08/2020	10:25:52	3295	00:00:00	17	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	20/08/2020	10:56:23	3300	00:30:31	17	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	20/08/2020	10:58:09	3266	00:01:46	17	3
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	20/08/2020	17:28:35	3295	00:00:00	18	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	20/08/2020	20:19:52	3266	02:51:17	18	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	21/08/2020	10:42:37	3295	00:00:00	19	1
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	21/08/2020	11:08:47	2642	00:26:10	19	2
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	21/08/2020	11:15:56	3300	00:07:09	19	3
0x000053DBEB38BE084EF44CC0BE2A1D1AE2DC6476105D4E8EF15E74E76CB2843	21/08/2020	11:17:47	3266	00:01:51	19	4
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AE121D002CB	11/08/2020	15:31:31	3316	00:00:00	1	1
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AE121D002CB	11/08/2020	15:46:39	2430	00:15:08	1	2
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AE121D002CB	11/08/2020	15:53:43	3265	00:07:04	1	3
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AE121D002CB	12/08/2020	15:47:58	3253	00:00:00	2	1
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AE121D002CB	17/08/2020	09:24:03	3308	00:00:00	3	1
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AE121D002CB	17/08/2020	10:17:24	3273	00:53:21	3	2
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AE121D002CB	18/08/2020	09:33:26	3273	00:00:00	4	1
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AE121D002CB	18/08/2020	15:03:19	3308	00:00:00	5	1
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AE121D002CB	19/08/2020	09:49:14	3273	00:00:00	6	1
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AE121D002CB	19/08/2020	10:53:11	2405	01:03:57	6	2

Placa	Dia	Hora	Equipamento	Tempo	Viagem	Seq_Viagem
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AEE121D002CB	20/08/2020	08:49:56	3308	00:00:00	7	1
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AEE121D002CB	20/08/2020	09:48:41	3273	00:58:45	7	2
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AEE121D002CB	20/08/2020	10:35:10	2405	00:46:29	7	3
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AEE121D002CB	20/08/2020	15:39:51	3313	00:00:00	8	1
0x000056733087470A1B3535F926D39FD7AB8C7676D809E420AE43AEE121D002CB	21/08/2020	14:44:05	3276	00:00:00	9	1
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	11/08/2020	09:16:13	3295	00:00:00	1	1
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	11/08/2020	12:33:42	3265	00:00:00	2	1
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	11/08/2020	12:36:26	3266	00:02:44	2	2
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	12/08/2020	10:07:36	3302	00:00:00	3	1
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	12/08/2020	10:17:13	3268	00:09:37	3	2
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	12/08/2020	17:57:33	2642	00:00:00	4	1
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	19/08/2020	12:59:47	3292	00:00:00	5	1
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	19/08/2020	13:01:11	2580	00:01:24	5	2
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	19/08/2020	13:14:13	3276	00:13:02	5	3
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	19/08/2020	15:50:04	3276	02:35:51	5	4
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	20/08/2020	09:01:04	3295	00:00:00	6	1
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	20/08/2020	09:21:13	3262	00:20:09	6	2
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	20/08/2020	15:37:34	3262	00:00:00	7	1
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	20/08/2020	15:45:21	3301	00:07:47	7	2
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	20/08/2020	15:55:49	3302	00:10:28	7	3
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	21/08/2020	09:37:17	2545	00:00:00	8	1
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	21/08/2020	09:41:06	3295	00:03:49	8	2
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	21/08/2020	09:44:14	3264	00:03:08	8	3
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	21/08/2020	13:53:07	3265	00:00:00	9	1
0x00005911A875281BE85E96FFC251D10575BCAEB224505FD4D363395FABBB1825	21/08/2020	13:55:57	3266	00:02:50	9	2

ANEXO A – CARTA DE SOLICITAÇÃO DE DADOS JUNTO A BHTRANS



UFMG UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE ENGENHARIA

Av. Contorno, 842 – sala 608
30110-060 – Belo Horizonte – MG



Setor: Pós-Graduação em Geotecnia e Transportes

Belo Horizonte, 13 de abril de 2020

Prezado Sr. Leonardo Rios

Gerência de Análise e Processamento de Infrações - GEAPI

Vimos através dessa, solicitar para fins acadêmicos, dados coletados por equipamentos de fiscalização eletrônica no município de Belo Horizonte. Os dados serão utilizados para o desenvolvimento da dissertação de mestrado do aluno Frederico Augusto da Silva sob minha orientação.

A intenção do estudo é gerar uma matriz de deslocamentos pela cidade, podendo identificar fluxos de veículos ao longo do dia e definir padrões de comportamento na cidade.

Para que isso seja possível, solicitamos alguns dados, em forma de 3 bancos de dados:

- Banco de Dados 1 - Localização dos equipamentos
 - Campo 1 - ID do equipamento - código utilizado para identificar o equipamento;
 - Campo 2 - Localização do equipamento - (endereço);
 - Campo 3 - Latitude;
 - Campo 4 - Longitude;
 - Campo 5 - Tipo de equipamento - (velocidade, avanço ou faixa exclusiva).
- Banco de Dados 2 - Registro de veículos
 - Campo 1 - ID do veículo - Placa do veículo ou algum código de forma anônima e não identificável do veículo de foi coletado;
 - Campo 2 - Data;
 - Campo 3 - Hora;
 - Campo 4 - ID do equipamento - código utilizado para identificar o equipamento.

Como o Campo 1 do banco de dados 2 é um dado sensível a identificação pessoal, sugerimos criar o Banco 3, o qual seria desenvolvido de forma anonimizar (deixar anônimo) o campo de placa dos veículos, dado que para nós é importante saber que algum veículo, foi coletado em vários equipamentos, porém não nos interessa qual veículo foi coletado.

Uma sugestão seria:

- Banco de Dados 3 - Placas anonimizadas - Banco não necessário disponibilização, mas seria um banco auxiliar para anonimizar as placas.
 - Campo 1 - Placa do veículo (1 registro por placa, coletado em período igual ao disponibilizado do banco 2)
 - Campo 2 - ID do veículo (pode ser um código ou número)

Caso tenham algum tipo de dúvida, estamos a disposição para esclarecimentos e apresentação da proposta de estudo.

Desde já agradecemos.

Prof. Marcelo Franco Porto
(31) 99715-7112, marcelo@etg.ufmg.br
Pós-Graduação e Geotecnia e Transportes
Escola de Engenharia da UFMG

ANEXO B – LOCALIZAÇÃO DOS EFE DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE UTILIZADOS NO ESTUDO DE CASO

Equipamento	Endereço	Sentido
1926	Av. Vilarinho, nº 1300	Centro/Bairro
2405	Av. Pres. Carlos Luz, nº 4845	Bairro/Centro
2406	Av. Dom Pedro II, esq. Rua Antônio Peixoto Guimarães	Centro/Bairro
2430	Av. Presidente Juscelino Kubitschek nº 4333	Bairro/Centro
2545	Av. Jose Cândido da Silveira, a 66 metros da Epamig	Bairro/Centro
2550	Av. Dom Pedro I, nº 2600	Centro/Bairro
2565	Av. do Contorno esquina Rua Mato Grosso	Bairro/Centro
2580	Av. Cristiano Machado, oposto ao nº 11300	Bairro/Centro
2642	Av. Afonso Pena esq. Av. Carandaí	Bairro/Centro
2650	Av. dos Andradas esquina Viaduto J. Oswaldo Faria	Praça da Estação / Viaduto Leste
2664	Av. Dom Pedro I, oposto ao nº 3038	Bairro/Centro
3253	Av. Waldyr Soeiro Emrich, a 45 metros da Rua Aladin Correa de Faria	Jatobá/Milionários Milionários/Jatobá
3256	Av. Presidente Carlos Luz, nº 2754	Centro/Bairro Bairro/Centro
3257	Av. Raja Gabaglia, nº 4.847	Bairro/Centro
3259	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 2.862	Bairro/Centro
3260	Av. Presidente Antônio Carlos, nº 2.764	Centro/Bairro
3262	Av. Nossa Senhora do Carmo, oposto ao nº 1885	Centro/Bairro Bairro/Centro
3263	Av. dos Andradas nº 7.110	Centro/Bairro Bairro/Centro
3264	Av. do Contorno, oposto ao nº 10812	Centro/Barro Preto
3265	Av. do Contorno, nº 10.730	Barro Preto/Centro

Equipamento	Endereço	Sentido
3266	Av. Cristiano Machado, a 12 metros da rua Pitangui	Centro/Bairro
3267	Av. Amazonas oposto ao nº 7.800	Centro/Bairro Bairro/Centro
3268	Av. do Contorno, oposto ao nº 5.445	São Lucas/Savassi
3269	Av. Heráclito Mourão de Miranda, nº 2.491	Pampulha/Alípio de Melo
3270	Av. José Cândido da Silveira, nº 1.500	Centro/Bairro
3273	Av. Cristiano Machado, a 27 metros do Viaduto Paulo Mendes Campos	Centro/Bairro
3274	Av. Amazonas, oposto ao nº 5.400	Centro/Bairro Bairro/Centro
3276	Av. Cristiano Machado, a 89 metros da Rua Cajuí	Bairro/Centro
3277	Av. Raja Gabaglia, esquina com Rua Yvon Magalhães Pinto	Centro/Bairro Bairro/Centro
3280	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Centro/Bairro
3283	Av. Afonso Pena, esquina com Rua Maranhão	Bairro/Centro
3285	Av. Amazonas, nº 2.086	Centro/Bairro
3286	Av. Presidente Antônio Carlos, nº 8.271	Bairro/Centro
3288	Av. Teresa Cristina, nº 2.350	Centro/Bairro
3292	Av. Cristiano Machado, nº 12.001	Bairro/Centro
3295	Av. Cristiano Machado, nº 673	Bairro/Centro
3296	Av. Barão Homem de Melo, oposto ao nº 3.191	Av. Raja Gabaglia / Av. Silva Lobo Av. Silva Lobo / Av. Raja Gabaglia
3299	Av. Bias Fortes, esquina com Rua Bernardo Guimarães	Pça. Raul Soares / Pça. Liberdade Pça. Liberdade / Pça. Raul Soares
3300	Av. do Contorno, nº 629	Praça da Estação / Rodoviária
3301	Av. do Contorno, oposto ao nº 4.045	Sta. Efigênia / Savassi Savassi / Sta. Efigênia

Equipamento	Endereço	Sentido
3302	Av. dos Andradas, oposto ao nº 3.470	Centro/Bairro Bairro/Centro
3304	Av. Heráclito Mourão de Miranda, nº 2.474	Alípio de Melo/Pampulha
3306	Av. Amazonas, nº 2.153	Bairro/Centro
3308	Av. Waldyr Soeiro Emrich, a 201 metros da Av. Joaquim de Oliveira	Betânia/Barreiro Barreiro/Betânia
3309	Av. Teresa Cristina, a 25 metros da rua Carmo da Cachoeira	Centro/Bairro
3310	Av. Raja Gabaglia, nº 617	Centro/Bairro Bairro/Centro
3313	Av. Bernardo de Vasconcelos, nº 1.720	União/Aparecida Aparecida/União
3315	Av. Risoleta Neves, a 285 metros da Rua da Pedreira	Centro/Bairro Bairro/Centro
3316	Av. Teresa Cristina, a 22 metros da rua Carmelita Prates da Silva	Bairro/Centro
3373	Av. Antônio Abrahão Caram, a 43 metros da Alameda das Acácias	Liberdade/São Luiz São Luiz/Liberdade