

## **Estratégia de obtenção e tratamento de dados digitais para elaboração de pesquisas de mobilidade urbana**

### **Strategy for obtaining and processing digital data for preparing urban mobility surveys**

DOI: 10.55905/rcssv12n1-027

Received in: May 16<sup>th</sup>, 2023

Accepted in: June 23<sup>rd</sup>, 2023

#### **Frederico Augusto da Silva**

Doutorando no Programa Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável do Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (PPG-ACPS)

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Endereço: Rua Paraíba de 401/402 a 813/814, Savassi, Belo Horizonte – MG, CEP: 30130-141

E-mail: fredhc@gmail.com

#### **Renata Maria Abrantes Baracho Porto**

Doutora em Ciências da Informação

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Endereço: Rua Paraíba de 401/402 a 813/814, Savassi, Belo Horizonte – MG, CEP: 30130-141

E-mail: renatabaracho@ufmg.br

#### **Marcelo Franco Porto**

Doutor em Tratamento da Informação Espacial

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627, Escola de Engenharia, Bloco 1, sala 3601, Pampulha, Belo Horizonte – MG, CEP: 31207-901

E-mail: marcelo@etg.ufmg.br

#### **Gabriel Santos Kohlmann**

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627, Escola de Engenharia, Pampulha, Belo Horizonte – MG, CEP: 31207-901

E-mail: gskohlmann@hotmail.com

#### **Danielle Duarte Morais**

Graduada em Engenharia Civil

Instituição: Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S/A (BHTRANS)

Endereço: Av. Eng. Carlos Goulart, 900, Buritis, Belo Horizonte – MG, CEP: 30455-902

E-mail: dani.dmorais@gmail.com

#### **RESUMO**

As cidades brasileiras 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. Esse artigo 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 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. Apresenta-se, neste trabalho, um estudo de caso aplicando a metodologia ao município de Belo Horizonte. Este 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.

**Palabras clave:** mobilidade urbana, cidades, engenharia de tráfego, equipamentos de fiscalização eletrônica, matrizes de fluxo de tráfego, smart cities.

#### **ABSTRACT**

Brazilian cities are looking for large generators of ignored data information, as there is little or no treatment 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 arise, whether for operational or long-term use, transforming themselves into digital cities in such a way that they evolve to become smart cities. This article presents a capture for the acquisition and treatment of the information mesh, including the urban area of a surveillance mesh, for the creation of devices for the creation of urban objects with the tracking of a tracking of vehicles in the mesh. As a result, it was possible to identify the main paths taken, generating a matrix of traffic flow through the city to support the elaboration of urban mobility plans. This work presents a case study applying the methodology to the city of Belo Horizonte. This work contributes to research studies of data collection studies from the generation of questions for cities as digital technologies and information collection potential.

**Keywords:** urban mobility, cities, traffic engineering, electronic surveillance equipment, traffic flow matrices, smart cities.

## **1 INTRODUÇÃO**

No caso brasileiro, o artigo 24 da Lei Federal n. 12.587/2012 (BRASIL, 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 têm custo elevado e confiabilidade questionada por serem realizados 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, dentre as quais: pesquisas de origem e destino, que podem ser domiciliares, tráfego, carga urbana e transporte coletivo. As pesquisas de engenharia de tráfego 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 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 a 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 18 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; CRUIKSHANK, 2011; WOLFRAM, 2012).

## 1.1 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).

Junto à 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, Pesquisas de comportamento na circulação, Pesquisas operacionais do transporte coletivo e outras pesquisas relativas ao tema. Esse quadro indica a pesquisa de fluxo de tráfego, objeto final desse artigo.

## 1.2 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; DEL BO; P. NIJKAMP, 2011). Uma cidade inteligente é uma visão de desenvolvimento para combinar informação, comunicação 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 de 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, Cruz e Pazzetto (2002), as tecnologias de informação e comunicação não se restringem somente a equipamentos de hardware e software nem tampouco à comunicação de dados, mas compreendem todas as atividades que ocorrem na sociedade, as 25 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; YAO; SHAO, 2014), e o desenvolvimento e a aplicação das TIC desempenham um papel decisivo nessa 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; SHAN; SHAO, 2013).

### 1.3 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 (Equipamentos de Fiscalização Eletrônica) 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.

## 2 METODOLOGIA

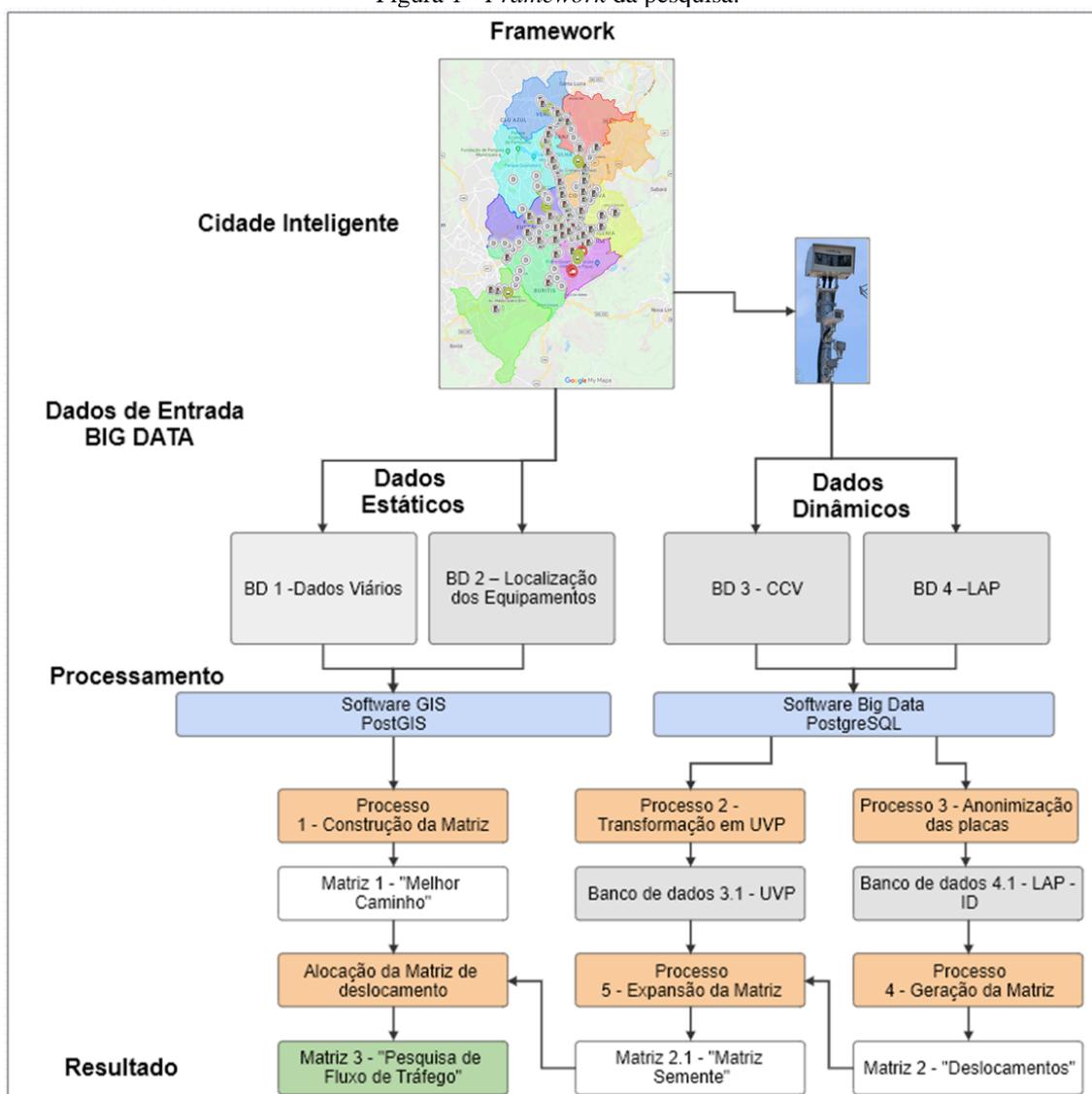
Fontes primárias devem ser utilizadas tanto quanto possível, priorizando os artigos que as utilizam, e que considerem os contextos político-econômicos nos quais as investigações e/ou ensaios estão inseridos. A metodologia do estudo deve ser justificada, ou seja, porque foi utilizada e quais as vantagens e desvantagens que apresenta.

A metodologia da pesquisa descrita neste trabalho (Figura 1), se divide em duas partes: Coleta e processamento de dados, com o objetivo de transformar dados coletados pela cidade e transformá-los em conhecimento, para mobilidade urbana.

A pesquisa se inicia com a coleta dos 4 bancos de dados de informações, sendo dois bancos estáticos, com informações sobre hierarquização viária (BD - 1) e localização dos equipamentos de fiscalização eletrônica (BD - 2) e dois de dados dinâmicos, de contagem classificada de veículos (BD - 3) e de leitura automática de placas (BD - 4).

De posse dos bancos, se 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 (Equipamentos de Fiscalização Eletrônica) ao outro. O processo 2, utilizando os bancos de dados 3 e 4, sendo gerada a matriz de deslocamentos, uma matriz OD (Origem e Destino) de veículos, identificando os EFE que eles foram registrados. O processo 3 é a união das duas matrizes, a fim de se ter o resultado da pesquisa de fluxo de tráfego. Esse processo gera por resultado uma matriz e uma representação gráfica dos fluxos de tráfego.

Figura 1 - Framework da pesquisa.



Fonte: o autor, 2021.

A coleta de dados, etapa mais preciosa de qualquer estudo, de onde surgem as fontes de dados que servem de base para as análises, no caso da pesquisa, será baseada principalmente na técnica de documentos, para coleta de dados, que segundo PEREIRA et al., (2018)

## 2.1 ESTRUTURA DO BANCO DE DADOS

A metodologia é composta por dados de entrada, que são divididos em dois grupos: Estáticos e dinâmicos.

Os dados estáticos, são formados por dados definidos pelo município, através de seu órgão gestor de trânsito. Como esses 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 dados coletados pelos equipamentos de fiscalização eletrônica - EFE, onde são dados coletados que dependem do fluxo de tráfego, que pode variar por diversos motivos, caracterizando assim, como dados dinâmicos.

No caso, pretende-se trabalhar com os dados abertos ou disponibilizados pelos municípios (Cidades Digitais), de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1 – Estrutura dos bancos de dados.

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

Fonte: o autor, 2021.

A estrutura apresentada no quadro anterior é a representação de dados mínimos necessários para a pesquisa. É desejável que os dados que já 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.

Seguindo a metodologia, os processamentos serão realizados através de cruzamento de dados entre os bancos. Como são dados gigantes (BIG DATA), foram selecionados softwares que trabalham com grandes volumes de dados e tem interface com dados geográficos. O resultado desse processamento será uma matriz quantitativa de veículos por link da rede.

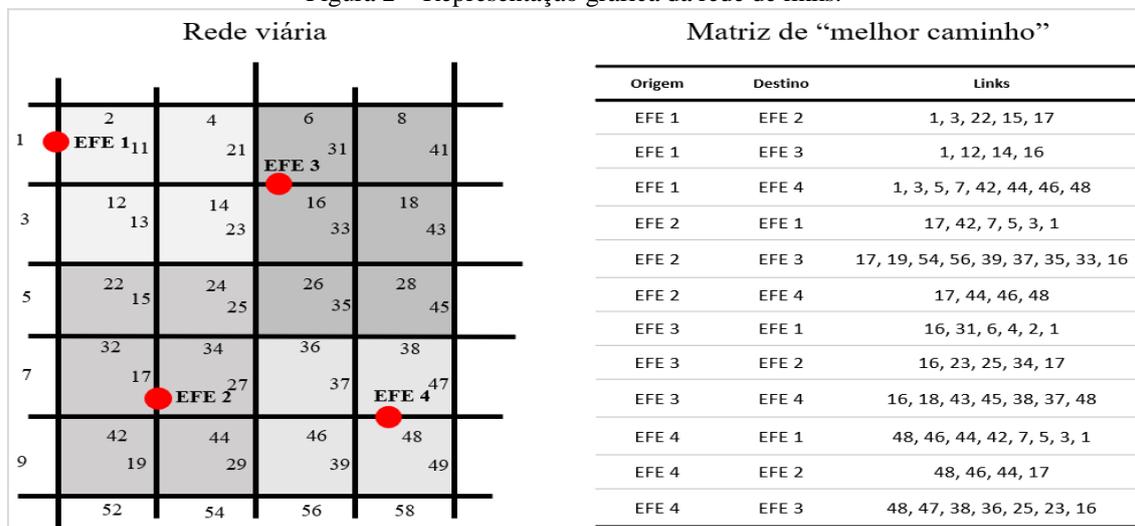
A geração da matriz chamada nesse trabalho de “melhor caminho” é uma das etapas do trabalho, onde que será necessário a construção de uma matriz de caminamento na rede viária, para definir entre os equipamentos de fiscalização eletrônica. Como não é possível determinar o deslocamento de cada veículo dentro da rede, pode-se estimar e

alocá-los dentro de um padrão, que seria o mais lógico de um veículo tomar a decisão de deslocamento, baseado em distância e tempo.

Com um arquivo geográfico organizado, 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 (Código de Trânsito Brasileiro). 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.

Após o arquivo geográfico completo e organizado, será utilizado o algoritmo de Dijkstra, para gerar a matriz. 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, será calcular o tempo por link, para determinar o melhor caminho entre 2 equipamentos de fiscalização eletrônica disponibilizados na rede. Esse procedimento será realizado em software GIS e o resultado esperado é uma matriz de links disposta na Figura 2.

Figura 2 – Representação gráfica da rede de links.



Fonte: o autor, 2021.

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

Outra etapa importante será a geração da matriz de deslocamento. Para gerar a matriz, será necessário organizar os dados absolutos gerados pelos bancos de dados 3 (CCV – Contagem Classificada de Veículos) e 4 (LAP – Leitura Automatizada de Placas veiculares).

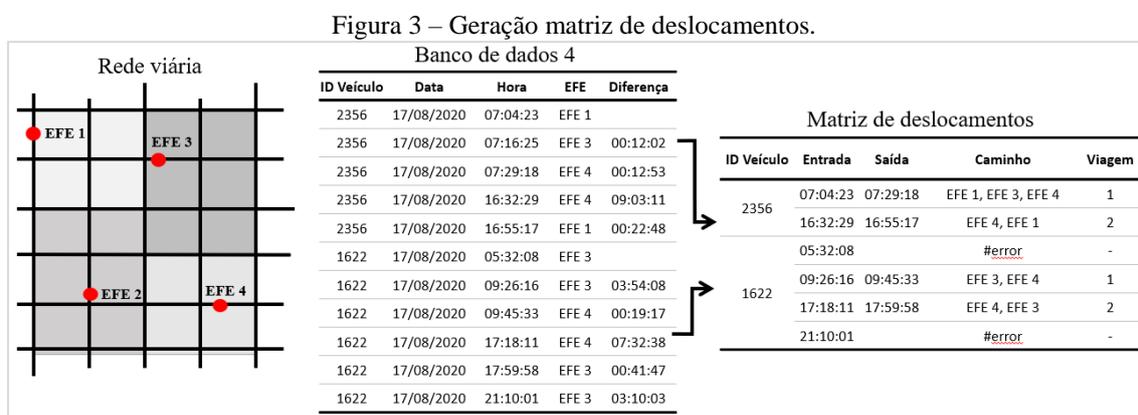
Por conta da rastreabilidade dos dados coletados por EFE, os dados deverão ser anonimizados, de forma transformar as placas em ID aleatórios. Essa anonimização deve ser realizada em um processamento anterior a disponibilização dos dados.

Os dados devem ser disponibilizados pela cidade já anonimizados, que seria uma 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.

Continuando o processo, será elaborado uma nova matriz, chamada de matriz de deslocamentos que é elaborada através do processamento do bando de dados 4, já anonimizado. Para esse processo, será utilizado o ID do veículo para identificar em quais equipamentos esse ID foi identificado.

Esse processamento contará 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 será 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, será classificado 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 três horas. Esse critério será adotado para identificar as entradas de um veículo na rede. Posteriormente esse critério será reavaliado, com a integração das matrizes de deslocamento e melhor caminho.

Essa matriz tem como base determinar o caminhamento dos veículos por equipamento. Através do ID do veículo, será determinado o seu caminhamento pelos equipamentos, gerando uma matriz. A matriz será gerada conforme a representação da Figura 3:



Fonte: o autor, 2021.

Após gerar a matriz, serão 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, será utilizado o 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, 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 a seguir (Figura 4).

Figura 4 – Regressão Linear múltipla.

$$y = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \dots + \beta_k * x_k$$

Fonte: WARPOLE, 2012.

Onde:

$y$ : variável dependente desejada;  
 $x_1, \dots, x_k$ : são as amostras das variáveis independentes;  
 $\beta_0$ : 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 (Unidade Veículo Padrão). A expansão se dará 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 será demonstrado na Figura 5:

Figura 5 – Tratamento matriz de deslocamentos.

Matriz de deslocamentos Veículo por EFE				Matriz de deslocamentos Par EFE				
ID Veículo	Entrada	Saída	Caminho	Filtro: Total	Destino			
					EFE 1	EFE 2	EFE 3	EFE 4
2356	07:04:23	07:29:18	EFE 1, EFE 3, EFE 4	Origem	EFE 1	2	1	
	16:32:29	16:55:17	EFE 4, EFE 1		EFE 2		1	1
05:32:08		#error	EFE 3					2
09:26:16	09:45:33	EFE 3, EFE 4	EFE 4		1		2	
1622	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	Filtro: 07:00:00	Destino			
	19:25:12	20:02:44	EFE 2, EFE 4, EFE 3		EFE 1	EFE 2	EFE 3	EFE 4
12560	07:50:48	08:10:29	EFE 1, EFE 2	Origem	EFE 1	2	1	
	17:55:25	18:57:20	EFE 2, EFE 3		EFE 2			
			EFE 3					1
			EFE 4					

Fonte: o autor, 2021.

Expansão da matriz está representada na Figura 6:

Figura 6 – Expansão matriz de deslocamentos.

Matriz de deslocamentos Par EFE							Matriz de deslocamentos Par EFE - Expandida							
Filtro: Total	Destino					Total	UVP - BD3	Filtro: Total	Destino					Total UVP
	EFE 1	EFE 2	EFE 3	EFE 4					EFE 1	EFE 2	EFE 3	EFE 4		
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	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		

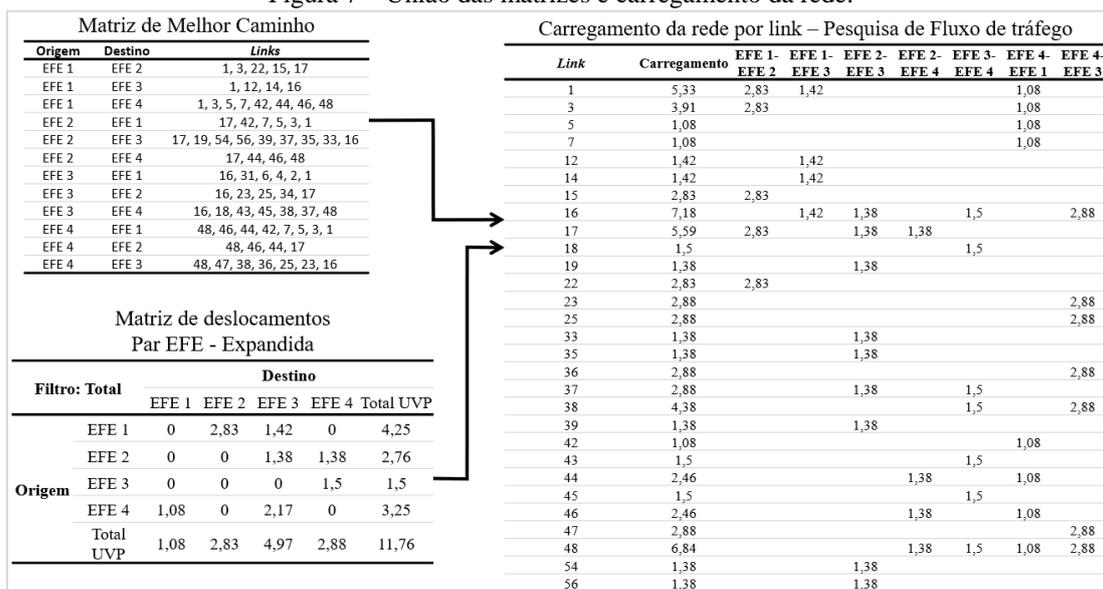
Fonte: o autor, 2021.

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

De posse das matrizes de “melhor caminho” e “deslocamentos”, a etapa 4 faz 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 7 ilustra o tratamento de dados, onde sabendo a matriz de melhor caminho, quais links compõem cada par OD, os valores calculados na matriz de deslocamento 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 dados gigantes, o processamento deve utilizar softwares específicos para tratamento de grandes dados (BIG DATA).

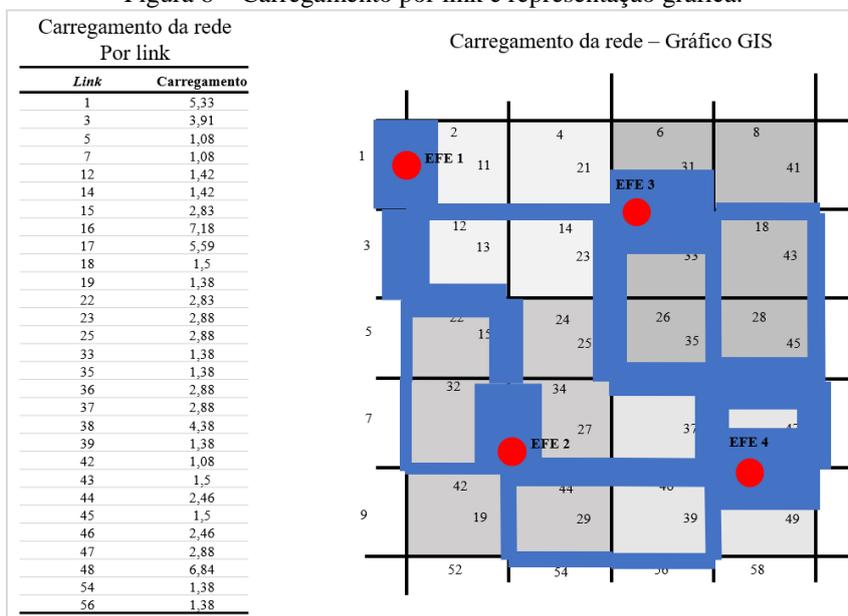
Figura 7 – União das matrizes e carregamento da rede.



Fonte: o autor, 2021.

A Figura 8 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 é gerado em software GIS.

Figura 8 – Carregamento por link e representação gráfica.



Fonte: o autor, 2021.

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

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

A Regressão Linear visa avaliar e mensurar a existência de relação linear entre duas ou mais variáveis. A equação a seguir (Figura 9) demonstra a formulação genérica para duas variáveis, uma denominada dependente e outra independente.

Figura 9 – Regressão Linear.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x$$

Fonte: WARPOLE, 2012.

Onde:

y é o valor estimado da variável dependente;  
 x é a variável independente;  
 $\beta_0$  é o ponto de interseção da reta com o eixo y (x=0);  
 $\beta_1$  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 Figura 10. (LARSON e FABER, 2010)

Figura 10 – coeficiente de Pearson

$$R = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Fonte: LARSON e FABER, 2010.

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.

### 3 RESULTADOS

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 PostgreSQL<sup>1</sup>, devido a sua extensão PostGIS que tem interface com o software GIS escolhido, o QGIS (Quantum GIS)<sup>2</sup>.

#### 3.1 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

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

---

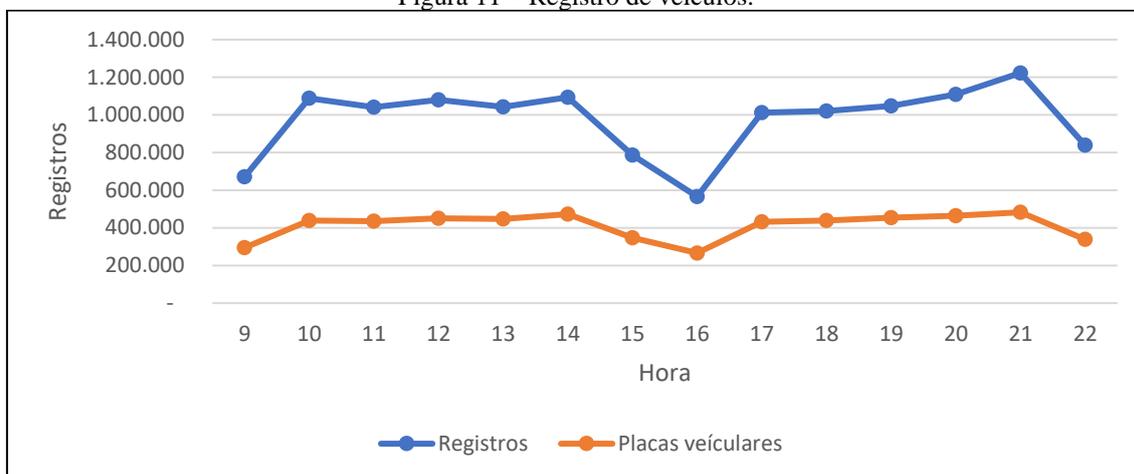
<sup>1</sup> Software PostgreSQL obtido através do link: <https://www.postgresql.org/>

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

reduziu um dos processos a serem realizados nas etapas posteriores.

As análises preliminares identificaram os veículos coletados pelos EFE e a quantidade de veículos que possuem dois ou mais registros (Figura 12).

Figura 11 – Registro de veículos.

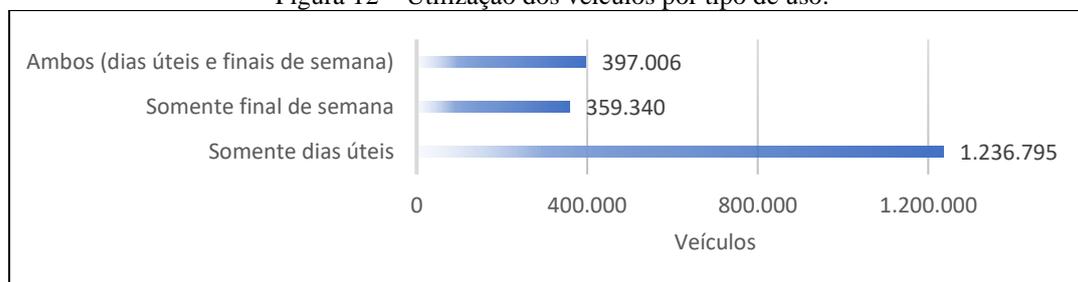


Fonte: o autor, 2021.

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 anteriormente.

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 13), conforme as datas de coleta das placas, agrupando-as nas classes de uso.

Figura 12 – Utilização dos veículos por tipo de uso.



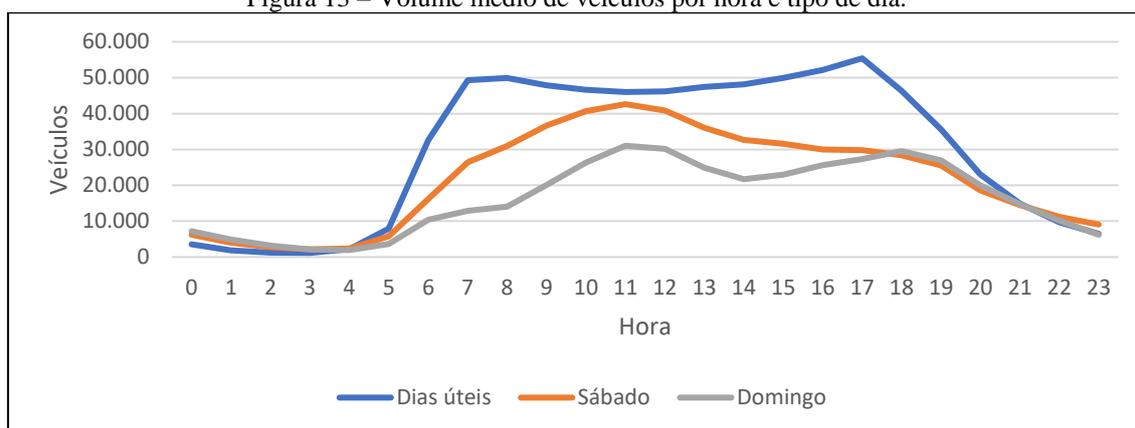
Fonte: o autor, 2021.

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.

Uma outra 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 14).

Figura 13 – Volume médio de veículos por hora e tipo de dia.

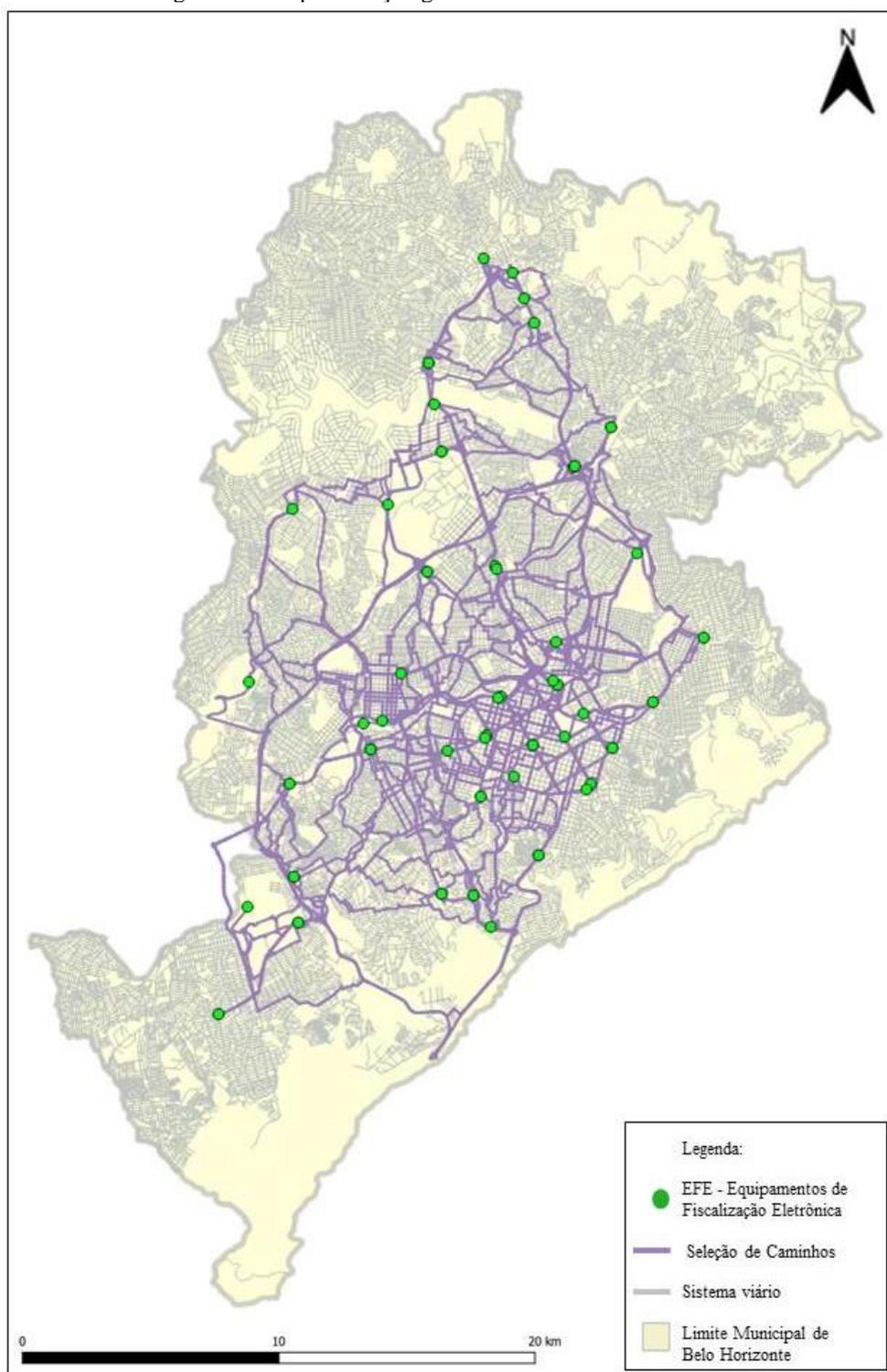


Fonte: o autor, 2021.

Esse gráfico representa a movimentação típica de uma cidade, onde a movimentação nos dias úteis se concentra nos picos (entre 6h e 9h e 16h e 19h) e reduz nos horários noturno e madrugada. Já aos sábados, a procura por serviços se concentra entre 8h e 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 das 11h às 12h, deslocamento para almoço, e outro no final da tarde, das 16h às 18h, na volta para casa.

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 está apresentada na Figura 15.

Figura 14 – Representação gráfica da matriz melhor caminho.



Fonte: o autor, 2021.

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

terreno.

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 2).

Tabela 2 – Matriz de principais deslocamentos identificados.

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

Fonte: o autor, 2021.

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 3.

Tabela 3 – Maiores deslocamentos médios UVP por tipo de dia.

<b>Tipo de Dia</b>	<b>Hora</b>	<b>Origem</b>	<b>Destino</b>	<b>UVP</b>
<b>Dia útil</b>	17	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	1.972,13
<b>Dia útil</b>	18	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	1.707,36
<b>Sábado</b>	19	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	879,86
<b>Sábado</b>	13	Av. Presidente Antônio Carlos, oposto ao nº 8.281	Av. Dom Pedro I, nº 2600	877,46
<b>Domingo</b>	18	Av. Teresa Cristina, a 22 metros da rua Carmelita Prates da Silva	Av. Vilarinho, nº 1300	709,75
<b>Domingo</b>	18	Av. Cristiano Machado, oposto ao nº 11300	Av. Cristiano Machado, a 89 metros da Rua Cajuí	707,52

Fonte: o autor, 2021.

Aplicação da Regressão Linear: 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 4.

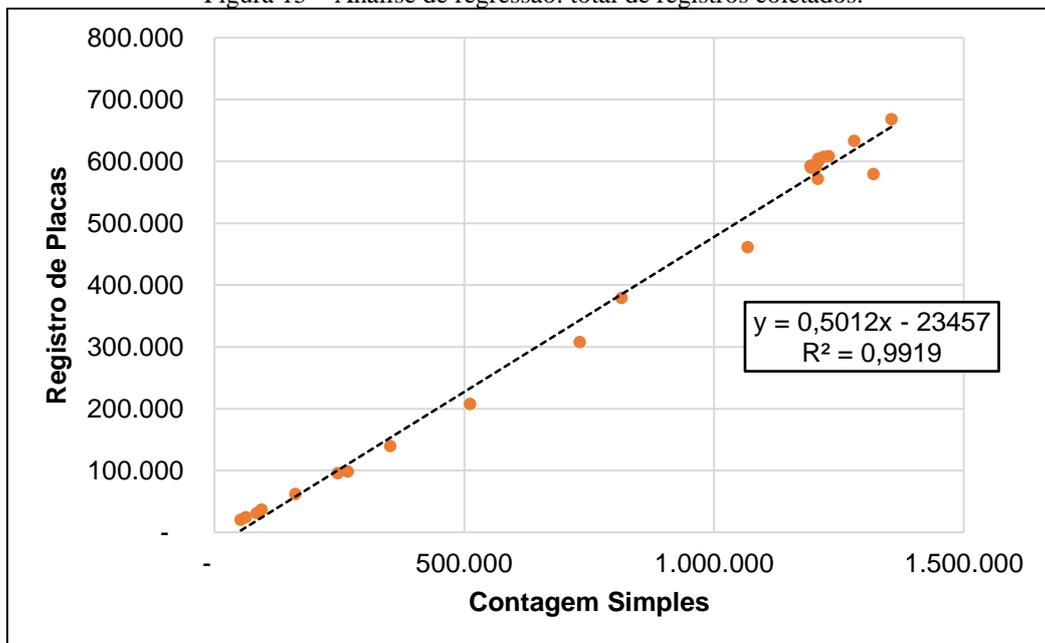
Tabela 4 – Contagem simplificada de veículos por hora e metodologia.

Hora	Contagem Simples	Registros de Placas	Hora	Contagem Simples	Registros de Placas
0	162.138	61.865	12	1.209.215	604.091
1	94.333	36.536	13	1.204.583	596.479
2	63.098	24.209	14	1.194.742	589.851
3	52.952	19.921	15	1.229.784	608.166
4	85.116	30.921	16	1.281.204	633.016
5	267.138	98.161	17	1.355.617	668.391
6	815.403	378.765	18	1.319.758	579.579
7	1.208.427	571.439	19	1.067.876	461.065
8	1.204.160	589.847	20	731.354	307.516
9	1.193.839	592.511	21	512.127	207.650
10	1.209.228	600.225	22	352.424	139.155
11	1.220.316	607.290	23	247.407	95.413

Fonte: o autor, 2021.

A Figura 15 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 15 – Análise de regressão: total de registros coletados.



Fonte: o autor, 2021.

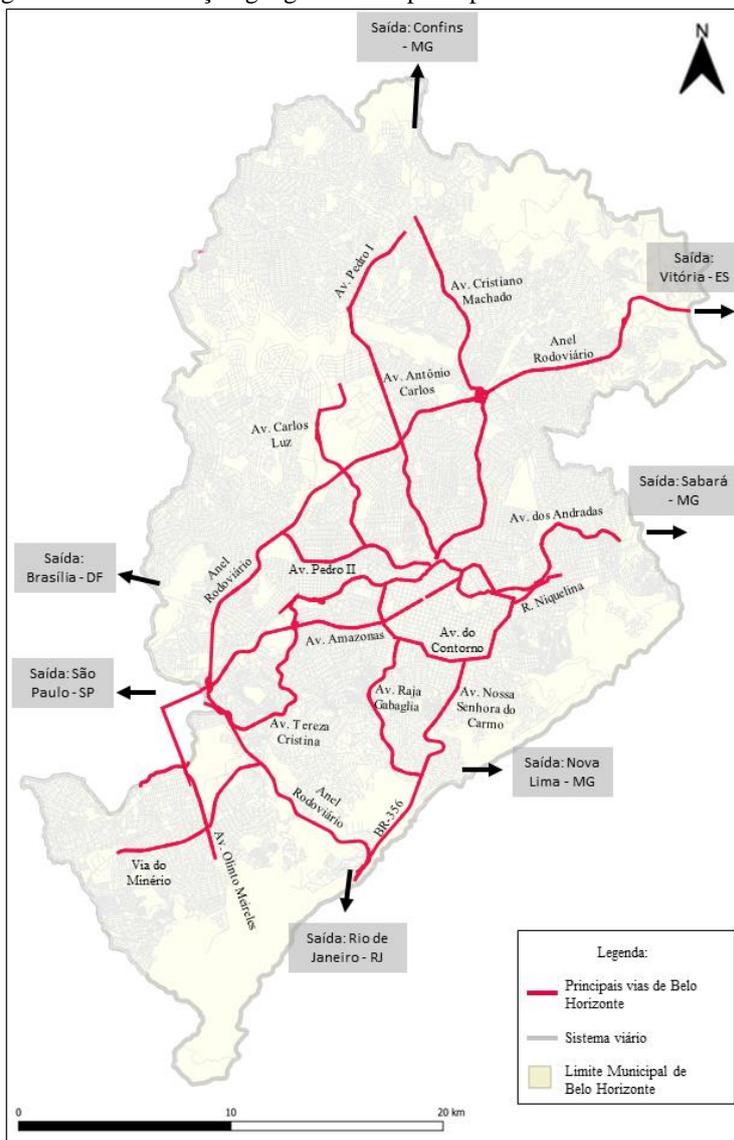
De acordo com a metodologia da regressão linear, valores de R<sup>2</sup> próximos a 1 são

considerados como relação linear positivas forte.

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 17 o mapa das principais vias de Belo Horizonte que tem impacto direto no trabalho:

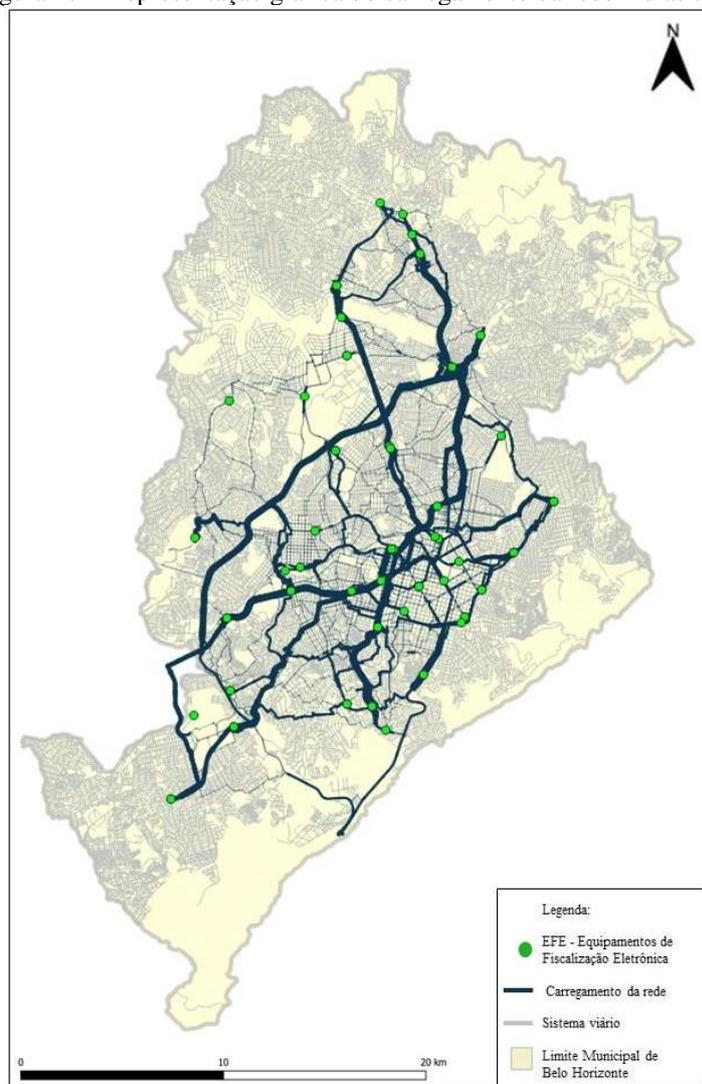
Figura 16 – Localização geográfica das principais vias de Belo Horizonte.



Fonte: o autor, 2021.

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

Figura 17 – Representação gráfica do carregamento da rede – dias úteis.



Fonte: o autor, 2021.

A Figura 18 representa a aplicação final da metodologia, resumida para um dia útil típico. 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 oeste da cidade, 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 na BR-040 sentido Brasília, que são locais onde os EFE são de outras jurisdições.

Uma característica que percebida nos deslocamentos que são radiocêntricos, excluindo o anel rodoviário, os deslocamentos perimetrais têm baixo volume de tráfego. Na figura anterior, 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 CONCLUSÕES E DISCUSSÃO**

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.

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.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- BHTRANS (2021). Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte - Fiscalização Eletrônica. Informações Gerais. Disponível em: <<https://pre-feitura.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 (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
- CASTELLS, M. (2012). *A sociedade em rede* (6a ed.) São Paulo: Paz e Terra.
- 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.
- 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.
- 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.

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.iss.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]

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](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1420236)

KOMNINOS, N. (2002). *Intelligent cities: innovation, knowledge systems, and digital spaces*. London: Spon Press.

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]

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.

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>

MONEY, B. R., and J. C. Crotts (2003). “The Effect of Uncertainty Avoidance on Information Search, Planning, and Purchases of International Travel Vacations.” *Tourism Management*, 24 (2): 191-202.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. 4. ed. [S.l.]: LTC, 2012.

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.

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 Gestão Universitaria en América del Sur. Mar del Plata. Mar del Plata. Argentina. 2010.

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>