

# MODELOS DE GERAÇÃO DE VIAGENS PARA TRANSPORTE URBANO DE CARGA EM CIDADES HISTÓRICAS: O CASO DE SÃO JOÃO DEL REI-MG

**Kaique Osório**

**Roberta Alves**

**Renato da Silva Lima**

Universidade Federal de Itajubá

Instituto de Engenharia de Produção e Gestão

**Wilfredo Yushimito**

**Jose Holguín-Veras**

Rensselaer Polytechnic Institute (RPI)

Center for Infrastructure, Transportation, and the Environment

## RESUMO

O objetivo do trabalho é desenvolver e aplicar modelos de geração de viagens para quantificar o número de viagens atraídas pelas empresas de varejo da região central de São João Del Rei, cidade histórica de Minas Gerais. Em estudo anterior realizado com dados de um levantamento em campo em 2017, verificou-se que o principal problema relacionado transporte urbano de cargas é a falta de vagas de estacionamentos para carga e descarga. Para a geração dos modelos, utilizou-se o número de funcionários como variável independente e verificou-se que a região recebe 473 viagens por dia, o que demandaria pelo menos 54 vagas para carga e descarga. Como a região tem apenas 8 vagas disponíveis, ou 15% do necessário, o trabalho propõe algumas localizações para essas vagas, além de discutir a utilização conjunta de iniciativas que poderiam ser utilizadas em conjunto com a abertura de novas vagas.

## ABSTRACT

The goal of this paper is to develop and apply models of freight trip generation to quantify the number of trips attracted by the retail companies of the central region of São João Del Rei, historic city of Minas Gerais. In an earlier study conducted with data from a field survey in 2017, we founded that the main problem related to urban freight is the lack of parking spaces for loading and unloading. For the generation of the models, we used the number of employees as independent variable and the results indicated that the region receives 473 trips per day, which would require at least 54 lots for loading and unloading. As the region has only 8 lots available, or 15% of the demand, the work proposes some locations for these vacancies, as well as discuss the joint use of initiatives that could be used together with the opening of new parking lots.

## 1. INTRODUÇÃO

O transporte de mercadorias constitui uma atividade extremamente importante das áreas urbanas. Para as pessoas, ele garante o abastecimento das lojas, bem como entrega de mercadorias em casa. Para empresas estabelecidas dentro dos limites da cidade, ele forma um elo vital com fornecedores e clientes (Alves *et al.*, 2018). São poucas as atividades que ocorrem dentro de uma cidade que não irão precisar, em algum momento, de transporte. Além disso, o setor de transporte urbano de carga é uma importante fonte de emprego (Crainic *et al.*, 2004).

Segundo Souza *et al.* (2010) é preciso mensurar os problemas relacionados ao transporte de cargas, principalmente em regiões onde se têm uma grande aglomeração de empresas que provêm empregos, produtos e serviços. Quando um empreendimento possui potencial de produzir e atrair viagens de cargas, os impactos que estas viagens podem causar sob o sistema viário são distintos, e variam em função do porte e do setor econômico (Oliveira *et al.*, 2016). Em cidades históricas esses impactos se tornam mais expressivos devido as restrições de tráfego (por exemplo, a ocorrência de zonas protegendo edifícios históricos), infraestrutura linear não adaptada ao número crescente de veículos (principalmente ruas estreitas e organização de tráfego unidirecional) e a falta de número suficiente de lugares de estacionamento.

Embora existam alguns trabalhos sobre o transporte urbano de cargas em cidade históricas (Alves *et al.*, 2017; Carvalho, 2017; Holguín-Veras *et al.*, 2018) a literatura sobre o tema ainda

é incipiente e os desafios logísticos têm sido cada vez maiores frente à crescente complexidade de distribuição de carga em cidades históricas. Dessa forma, é importante buscar técnicas e metodologias capazes de auxiliar no planejamento urbano dessas cidades, levando em consideração suas particularidades.

Sánchez-Díaz et al., (2016) relatam que o estudo do transporte urbano de mercadorias é necessário para atingir um desenvolvimento urbano sustentável e deve levar em consideração as características urbanísticas das cidades, principalmente em cidades históricas onde as características morfológicas dessas cidades pode limitar o transporte urbano de mercadorias. Pela inexistência destes estudos, muitas vezes planejadores urbanos e autoridades não possuem uma ideia clara sobre a quantidade de viagens de carga que as diferentes atividades comerciais geram, o que resulta em subestimações das necessidades locais e entraves ao encontrar soluções adequadas para os problemas de transporte urbano. Dessa forma, os modelos de geração de viagens podem ser utilizados para quantificar o número de viagens de carga que os estabelecimentos comerciais demandam.

A principal dificuldade para o desenvolvimento de modelos de geração de viagens é a falta de dados que retratem a realidade. Para tanto, esforços conjuntos envolvendo os setores público e privado, bem como organizações de pesquisa para coletar dados corretos e desenvolver modelos adequados, podem contribuir para uma melhor compreensão dos padrões de carga urbana, para a quantificação dos impactos do tráfego de mercadorias e o desenvolvimento de metodologias apropriadas para apoiar a tomada de decisão (Alho *et al.*, 2016). Essa mesma dificuldade foi encontrada por Alves *et al.*, (2018), ao realizar uma coleta de dados sobre o transporte urbano de mercadorias na região central de São João Del Rei, cidade histórica de Minas Gerais. No estudo, os autores evidenciaram que o maior problema enfrentado durante o processo de carga e descarga de mercadorias é a falta de estacionamentos regulamentados para veículos de carga.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver e aplicar modelos de geração de viagens para quantificar o número de viagens atraídas pelas empresas de varejo da região central de São João Del Rei, cidade histórica de Minas Gerais. Com essa informação, pretende-se quantificar a carência de vagas para carga e descarga na região central da cidade, e com isso analisar possíveis soluções que possam mitigar o problema.

## **2. MODELOS DE GERAÇÃO DE VIAGENS**

A estimativa da Geração de cargas (GC) é um componente crucial do planejamento do transporte de carga, uma vez que essas análises fornecem informações críticas sobre as quantidades de carga e viagens produzidas e atraídas pelas várias regiões de análise de tráfego. A GC refere-se à produção e atração de carga, medida por toneladas ou volume (por exemplo, toneladas, m<sup>3</sup>) enquanto a Geração de Viagem de Carga (GVC) se refere à produção e atração de viagens por estabelecimento.

Diversos trabalhos indicam que normalmente é melhor usar a quantidade de funcionários e outros indicadores econômicos como variáveis independentes na estimativa de GC e GVC de (Ebias, 2014; Holguín-veras *et al.*, 2013; Holguín-Veras *et al.*, 2011; Oliveira, 2014; Oliveira *et al.*, 2016). Esses modelos geralmente incluem o número total de funcionários em tempo integral, como variável explicativa, como forma de contabilizar todos os tipos de funcionários (em tempo integral e não integral) ao invés de variáveis separadas.

Os padrões de geração de viagens de cargas variam entre os diferentes setores da indústria e a falta de conjuntos maiores de variáveis explicativas, os quais apresentam limitações de dados que geralmente requerem diferentes formas funcionais para realizar estimações. A lógica por trás disso é que, como estudos anteriores mostram (Holguín-Veras, Lawson, *et al.*, 2016), certos setores da indústria podem exibir uma taxa constante de viagens geradas, enquanto outros podem aumentar sua taxa de produção proporcionalmente ao emprego ou à receita. Isso pode ser representado por dois tipos de modelos: linear e não linear.

Os modelos lineares estimam o número de viagens geradas em função de um termo constante mais um parâmetro que determina a proporção em que as mudanças nas variáveis independentes aumentam ou diminuem o número de viagens geradas (Holguín-Veras, Lawson, *et al.*, 2016). O segundo conjunto de modelos é não linear e têm diferentes formas não lineares. Um desses tipos de modelos corresponde a transformações logarítmicas de variáveis para produzir modelos de regressão linear, que seriam capazes de descrever padrões não lineares nos dados. Entre esses tipos de modelos, incluem-se os modelos logarítmicos lineares. A forma funcional desses tipos de modelos é explicada abaixo (Holguín-Veras, Lawson, *et al.*, 2016) .

#### *Modelos Lineares (Lineares)*

Esses tipos de modelo assumem uma relação proporcional entre o Número de Viagens de Cargas Geradas (NVCG) por um estabelecimento e as variáveis independentes consideradas (neste caso, emprego, tipo de indústria e localização). Alguns modelos também podem incluir um parâmetro constante que adiciona uma taxa constante de viagens produzidas independentemente do efeito das variáveis explicativas consideradas. O modelo linear apresenta a seguinte forma:

$$NVCG = \alpha + \beta x \quad (1)$$

Onde  $\alpha$  é o parâmetro estimado, que representa a taxa constante de viagens e  $x$  representa a variável usada no modelo. Para o caso deste projeto, essa variável é o número total de funcionários equivalentes em tempo integral.

#### *Modelos logarítmicos lineares (Lin-Log)*

Estes tipos de modelos assumem que o NVCG por um estabelecimento é proporcional ao logaritmo natural das variáveis independentes consideradas. No caso destes modelos, um parâmetro constante também pode ser incluído se for estatisticamente significativo. O modelo logarítmico linear apresenta a seguinte forma:

$$NVCG = \alpha + \beta \ln(x) \quad (2)$$

Onde  $\alpha$  é o parâmetro estimado que representa a taxa constante de viagem e  $x$  representa o número total de empregados equivalentes em tempo integral.

### **3. METODOLOGIA**

O estudo foi realizado no município de São João Del Rei, Minas Gerais. Fundado em 1713, possui uma população de 89.832 pessoas e conta com uma área territorial de 1.452 km<sup>2</sup>, a maior parte dela considerada histórica (IBGE, 2016). A área selecionada para a realização do estudo foi à região central da cidade de São João Del Rei- MG. Essa área foi escolhida por ser onde se concentram a maior parte do patrimônio histórico da cidade e onde ocorre a maioria das atividades comerciais da cidade. Nessa região observa-se um número significativo de empresas dos setores de varejo, hotelaria, supermercados, serviço, escolas, universidades e serviços públicos. A Figura 1 apresenta as etapas seguidas no desenvolvimento deste estudo.



**Figura 1- Etapas da metodologia**

Como apresentado na Figura 1, em um primeiro momento foram coletados dados através de entrevistas semiestruturadas para caracterização e identificação dos problemas enfrentados no transporte de mercadorias urbanas na região estudada. A coleta de dados seguiu modelo proposto pelo manual publicado pela *National Cooperative Freight Research Program* (NCFRP) (Holgúin-Veras *et al.*, 2015), o qual orienta estudos no âmbito de transporte urbano de mercadorias. As principais informações coletadas são apresentadas na Tabela 1. Foram coletados dados de 152 empresas, para realizar a análise dos dados classificou-se as empresas em setores econômicos, de acordo com os produtos que elas comercializam (Tabela 2).

**Tabela 1- Resumo das informações solicitadas aos entrevistados.**

<b>Informações do Empreendimento</b>	Nome e endereço do empreendimento;
	Nome e função do entrevistado;
	Telefone de contato e e-mail.
<b>Características do Empreendimento</b>	Dias e horários de funcionamento;
	Áreas dos empreendimentos
	Número de funcionários
<b>Recebimento de Mercadorias</b>	Tipo e capacidade do veículo de carga utilizado;
	Localização da demanda;
	Dados de duração da entrega;
	Frequência das entregas;
	Horário e dia que ocorrem as entregas;
	Tipo de mercadorias
	Número médio de viagens realizadas.
	Problemas enfrentados na realização das entregas
Tipo e capacidade do veículo de carga utilizado;	

**Tabela 2 – Classificação das empresas**

Classificação	Grupo	Quantidade	%
A	Alimentício (supermercado, restaurantes, lanchonetes e Bares)	47	31%
B	Eletrônicos e Informática	6	4%
C	Farmácia e Perfumarias	9	6%
D	Produtos agropecuários e Construção Civil	10	7%
E	Moveleiro/decoração/eletrodomésticos	13	9%
F	Vestuário, calçados, cama mesa e banho	54	36%
G	Diversos (Óticas, embalagens, presentes, Papelaria, bijuterias)	13	9%
Total		152	100%

Com essas entrevistas, foram levantados os dados sobre os fluxos de abastecimento dos estabelecimentos e os principais problemas enfrentados no recebimento de mercadorias (Alves *et al.*, 2018). O principal problema levantado foi a falta de local adequado para a carga e descarga de mercadorias, dessa forma para investigar esse problema precisamos definir qual o número de viagens que a região estudada recebe diariamente. Para isso, foram desenvolvidos modelos de geração de viagens.

#### 4. MODELAGEM

A modelagem do trabalho é apresentada em três etapas: (1) o desenvolvimento dos modelos; (2) os resultados obtidos e (3) o cálculo do número de vagas de estacionamento necessárias.

#### 4.1 Desenvolvimento dos modelos de geração de viagens

Com os dados das 152 entrevistas, partiu-se para a elaboração dos modelos de geração de viagem, foram testados modelos utilizando as seguintes variáveis independentes: área do estabelecimento, edificação, receita e número de funcionários.

Para modelar o número de viagens, os modelos apresentados nas Equações (1) e (2) foram estimados. Esses modelos foram executados para estimar as viagens atraídas das entregas feitas para cada estabelecimento, assumindo que uma entrega é igual a uma viagem. Ao fazê-lo, todas as entregas foram convertidas em entregas diárias simplesmente aumentando a frequência para um dia (por exemplo, uma viagem semanal corresponde a 1/5 de uma viagem diária, uma vez que cada semana consiste em 5 dias úteis).

A variável independente utilizada para elaboração dos modelos foi o número de funcionários em tempo integral. Os funcionários que trabalham em tempo parcial foram contabilizados na proporção de 0,45 funcionário em tempo integral. Esta variável foi escolhida pois apresentou maior correlação que as outras levantadas (área de cada empresa) em relação ao número de viagens relatadas (variável dependente) e também é utilizada nos trabalhos de (Ebias, 2014; Holguín-Veras *et al.*, 2013; Holguín-Veras *et al.*, 2011b; Oliveira, 2014; Oliveira *et al.*, 2016), pois além de apresentar uma alta correlação é uma variável que pode ser obtida facilmente. Os melhores modelos lineares e logarítmicos obtidos, são apresentados na Tabela 3 e 4, respectivamente.

**Tabela 3 – Modelos de geração de viagens lineares (#viagens por dia).**

Grupo	$\alpha$	t-stat	$\beta$	t-stat	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	F-stat	# Obs
A	-	-	0,232	8,58	0,63	0,62	73,63	44
B	-	-	0,227	5,27	0,87	0,84	27,78	5
C	-	-	0,714	2,76	0,49	0,42	7,6	9
D	-	-	0,043	1,61**	0,18	0,11	2,59	13
E	-	-	0,184	3,29	0,55	0,50	10,83	10
F	-	-	0,109	7,87	0,55	0,54	61,68	51
G	-	-	0,285	2,62	0,46	0,40	6,89	0

\*Significância estatística a 10%, \*\*significância estatística a 20%, todos os restantes são significantes a 5% ou menos

**Tabela 4 – Modelos de geração de viagens logarítmicos (#viagens por dia).**

Grupo	$\alpha$	t-stat	$\beta$	t-stat	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	F-stat	# Obs
A	-	-	1,059	7,81	0,59	0,58	61,01	44
B	-	-	0,577	1,97**	0,49	0,37	3,88	5
C	-	-	2,194	2,71	0,48	0,41	7,33	9
D	-	-	0,356	2,73	0,38	0,33	7,46	13
E	-	-	0,647	2,9	0,48	0,43	8,4	10
F	-	-	0,353	7,56	0,53	0,52	57,16	51
G	-	-	1,050	2,33	0,40	0,33	5,43	9

\*Significância estatística a 10%, \*\*significância estatística a 20%, todos os restantes são significantes a 5% ou menos

Pode-se notar que os melhores modelos não possuem um parâmetro de taxa constante e, com exceção do Grupo D o modelo linear possui grandes valores de R<sup>2</sup>, que representa o ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, variando entre 0,40 e 0,63. Como pode ser observado na Tabela 4 os modelos logarítmicos não são melhores que os modelos lineares, exceto para o Grupo D, onde o R<sup>2</sup> melhora e observa-se que o valor é o dobro do obtido por modelos lineares (0,38).

Para cada modelo são apresentados os testes estatísticos (R<sup>2</sup>, teste-t e p-valor), o nível de confiança estatístico utilizado foi de 95 % para todos os modelos, exceto para os modelos

desenvolvidos para os Grupos B e D (Eletrônicos e Produtos agropecuários e Construção Civil). Nesses Grupos, os dados utilizados para o desenvolvimento dos modelos se mostraram melhores para validação quando analisados em conjunto e para um nível de significância estatística de 90%.

Os melhores modelos desenvolvidos são todos lineares, exceto para o Grupo de Produtos agropecuários e Construção Civil (Grupo D), nos quais o modelo de log linear é melhor. Dessa forma, optou-se por manter o resultado dos setores, os modelos finais usados para estimar as viagens atraídas correspondem a modelos lineares para todos os setores, com exceção da Grupo D, que é modelada usando o modelo logarítmico. Através da análise do coeficiente de determinação  $R^2$ , constata-se que os modelos desenvolvidos apresentaram uma correlação moderada (até 0,7), assim como na literatura estudada (Ebias, 2014; Grieco e Portugal, 2010; Oliveira *et al.*, 2016, 2017; Portugal *et. al.*, 2012; Souza *et al.*, 2010).

#### 4.2. Resultados dos modelos de geração de viagens

Com os modelos de geração de viagem devidamente elaborados e validados, podemos estimar o número de viagens geradas na região. Para tanto uma nova coleta de dados foi realizada para levantar o número de funcionários e o endereço de cada empresa localizada na região estudada. Como já citado um dos motivos pelo qual o número de funcionários foi escolhido como variável independente nos modelos foi a facilidade para a obtenção dessa informação. No entanto, isso não foi verificado na prática em contato com diversos órgãos (prefeitura, sindicatos, receita federal, ministério do trabalho, entre outros). Assim, a opção foi realizar a coleta desse dado em campo, pelo grupo de pesquisa, a partir da visita *in loco* às 625 empresas da região estudada. Os dados coletados foram então georeferenciados no *TransCAD 8* ([www.caliper.com](http://www.caliper.com)) e, a partir dos modelos de geração de viagens, calculadas o número de viagens geradas diariamente por cada empresa, ou seja, o número viagens por motivo de carga (recebimento) que cada empresa recebia por dia, para cada grupo econômico. As viagens foram então agregadas para a divisão espacial por setores espaciais do IBGE (2010), pois essa é a menor divisão espacial em que se dispões de dados socioeconômicos, que serão necessários em modelagens futuras da pesquisa. A Figura 2 apresenta a localização das empresas por setor censitário, na região central de São João Del Rei e a Tabela 5 traz o número de viagens de cada por grupo econômico para cada setor censitários.

Tabela 5 – Quantidade de viagens geradas por dia

ID setor censitário	Área(m <sup>2</sup> )	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Grupo E	Grupo F	Grupo G	TOTAL	% DO TOTAL
1	107.019	26,4	0,0	5,7	1,7	0,2	1,2	1,1	36,4	7.7%
2	189.030	25,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	25,7	5.4%
3	69.493	20,4	0,9	4,3	0,0	0,0	0,4	1,1	27,2	5.7%
4	61.179	13,0	0,6	35,7	3,5	0,7	34,6	6,0	94,0	19.9%
5	71.106	11,8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	1,7	13,9	2.9%
6	66.375	27,8	0,5	25,0	0,4	0,3	6,0	4,8	64,8	13.7%
7	47.848	32,7	0,3	39,3	3,9	3,8	25,1	23,1	128,1	27.1%
8	105.986	5,3	1,7	5,0	3,7	0,9	7,5	8,8	32,9	7.0%
9	174.090	6,0	0,1	0,0	1,7	0,4	1,3	4,3	13,8	2.9%
10	300.822	0,2	0,1	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0.5%
11	100.404	10,2	0,1	0,0	7,7	0,5	1,4	14,0	34,0	7.2%
<b>Total</b>	<b>1.293.352</b>	<b>179,3</b>	<b>4,3</b>	<b>117,1</b>	<b>23,0</b>	<b>6,8</b>	<b>77,6</b>	<b>64,9</b>	<b>473,3</b>	<b>100 %</b>

Assim, a região atrai diariamente 473 viagens. Percebe-se que o setor censitário que recebe mais viagens (setor 7) é onde estão localizadas as empresas que comercializam móveis e eletrodomésticos, que são as empresas de grande porte. Durante as entrevistas essas foram as

empresas que relataram mais problemas. Neste setor, está localizada uma das avenidas de maior extensão e concentração comercial da cidade e é onde se observa a maioria das ocorrências de estacionamentos de veículos de carga em fila dupla consequente obstrução ao tráfego.

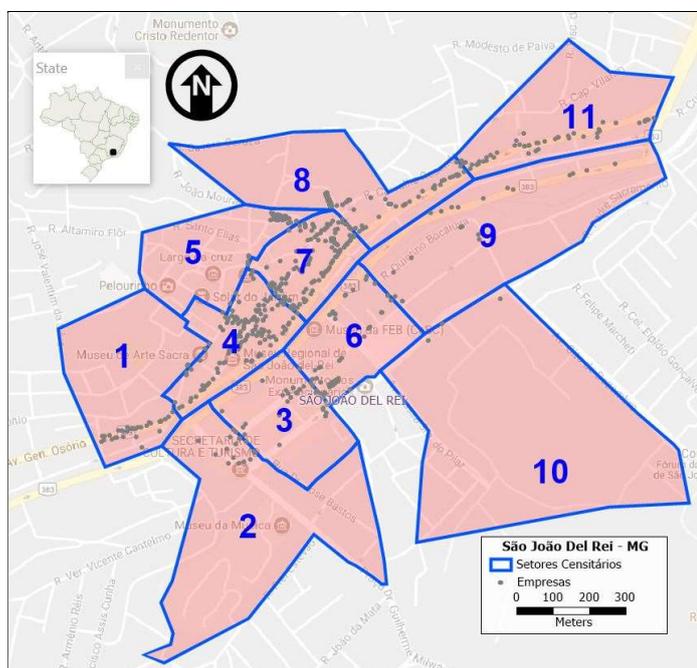


Figura 2 –Localização das empresas entrevistadas por setor censitário

O setor 4 apresenta a segunda maior porcentagem das viagens. Nele, também se encontra parte da avenida mencionada para o setor 7 e outras ruas que agrupam a maioria das empresas do ramo de vestuário e calçados. Por se tratar de uma região histórica, é onde se observa também o maior número de bloqueios da via por caminhões, por serem muito estreitas, permitindo a passagem de apenas um veículo.

#### 4.3 Cálculo do número vagas para carga e descarga necessárias

Como evidenciado por Alves *et al.*, (2018), o principal problema relatado pelos varejistas da região estudada é a falta de locais destinados para estacionamento e carga e descarga de veículos. Dessa forma, tal como Jaller *et al.* (2013), a necessidade de estacionamentos para carga e descarga foram estimadas considerando o número de viagens que cada setor censitário atraí. Para isso, foram levados em consideração a porcentagem de entregas que ocorrem em cada horário do dia, o tipo de veículo utilizado e a duração dessas entregas, essas demandas foram levantadas durante as entrevistas e podem ser observadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Porcentagem de entregas por horário e por tipo de veículo

	08h00- 11h59	12h00- 15h59	16h00- 19h59	Noturno	Total
<b>Pickup/van/ caminhonete</b>	15%	13%	11%	1%	40%
<b>VUC</b>	13%	12%	9%	1%	35%
<b>Toco</b>	9%	8%	7%	1%	25%
<b>Total</b>	37%	33%	27%	3%	100%

Foi então calculado o número de viagens levando em consideração a proporção dos horários de entrega mencionados na Tabela 6. Essa divisão é apresentada na Tabela 7

**Tabela 7: Número das viagens por horário**

<b>Período</b>	<b>Número de viagens</b>
08:00 as 11:59 horas;	175,1
12:00 as 15:59	156,2
16:00 as 19:59	127,8
horários noturnos	14,2

Os resultados apresentados na Tabela 7 foram multiplicados pela porcentagem de entregas de acordo com o tipo de veículo utilizado na entrega (Tabela 6). Essa informação é importante, pois segundo os entrevistados o tempo de carga e descarga varia segundo o tipo de veículo, sendo que: Pickup/van/ caminhonete levam em média 30 minutos, VUC 120 minutos e veículos maiores como o Toco 180 minutos. Por fim, foi realizada a proposição da demanda de vagas de estacionamento para carga e descarga de cada setor censitário utilizando o princípio de cobertura máxima (Loureiro *et al.*, 2012; Nunes *et al.*, 2007), que estabelece que para atender sua demanda crítica uma região deve implantar vagas de estacionamento para atender sua demanda máxima de veículos ao longo dos períodos do dia. Depois de todas essas considerações, o número de vagas mínimo para carga e descarga por setor censitário é apresentado na Tabela 8, onde o número de vagas necessário é destacado no período crítico em que ele acontece: sempre no período da manhã.

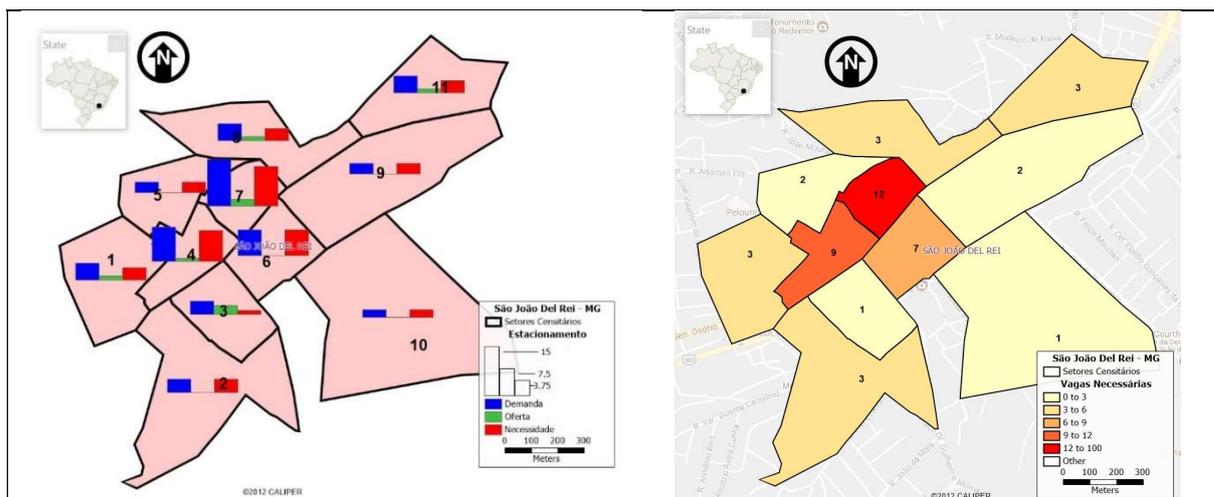
**Tabela 8– Demanda de vagas para carga e descarga de mercadorias por setor censitário**

<b>ID setor censitário</b>	<b>08h00 - 11h59</b>	<b>12h00- 15h59</b>	<b>16h00 - 19h59</b>	<b>Noturno</b>	<b>Nº de vagas</b>
<b>1</b>	4	4	3	1	<b>4</b>
<b>2</b>	3	3	2	1	<b>3</b>
<b>3</b>	3	3	2	1	<b>3</b>
<b>4</b>	10	9	8	1	<b>10</b>
<b>5</b>	2	2	1	1	<b>2</b>
<b>6</b>	7	6	5	1	<b>7</b>
<b>7</b>	14	12	10	2	<b>14</b>
<b>8</b>	4	3	3	1	<b>4</b>
<b>9</b>	2	2	1	1	<b>2</b>
<b>10</b>	1	1	1	0	<b>1</b>
<b>11</b>	4	4	3	1	<b>4</b>
<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>49</b>	<b>39</b>	<b>11</b>	<b>54</b>

Observa-se por fim que a região central da cidade demandaria em média de 54 vagas de estacionamento para carga e descarga de mercadorias para atender os veículos que circulam por essa região em um dia. Atualmente a região conta com apenas 08 vagas, como observado durante as entrevistas, e a indisponibilidade dessas vagas tem causado os diversos problemas no tráfego e na infraestrutura da cidade como: dificuldade de circulação de pessoas e veículos durante horários de pico, estacionamento em locais irregulares, desgaste da infraestrutura viária e do patrimônio histórico. As vagas demandadas, ofertadas e necessárias por setor censitário são apresentadas nos mapas da Figura 3.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No que se refere aos modelos de geração de viagens desenvolvidos, a abordagem metodológica utilizando regressão linear mostrou-se mais adequada para explicar o fenômeno estudado. Esses modelos são os que apresentaram os melhores coeficientes de determinação quando comparados ao desenvolvidos por técnicas de modelagem mais sofisticadas. Acredita-se que isso se deva a simplicidade de aplicação e análise dos resultados (análise de sensibilidade) e a possibilidade de análise de diversas variáveis (volumes de viagens de veículos, volume de carga, número de empregados, população, área, entre outras), fato também que também é verificado em estudos similares no Brasil (Ebias, 2014; Oliveira *et al.*, 2016; Portugal, 2012; Souza *et al.*, 2010).



**Figura 3 – Vagas de estacionamento demandadas, existentes e necessárias por setor censitário**

Apesar do uso da conversão em base logarítmica realizado nesse estudo, ao se observar as referências internacionais (Holguín-veras *et al.*, 2013; Holguín-Veras *et al.*, 2011b, 2014, Holguín-Veras, Lawson, *et al.*, 2016a, 2016b; Holguin-Veras e Gonzalez-Calderon, 2015), a modelagem apresentada é diversificada, apresentando relações que consideram ajuste de curvas (regressão linear e polinomial), e também ajuste exponencial ou logarítmico e, a partir de uma abordagem simplificada, o estabelecimento de taxas. Nesses casos, a regressão linear pode ser simples ou múltipla, sendo que ambas são bastante utilizadas.

Em relação às variáveis independentes utilizadas neste estudo, o número de funcionários pode ser utilizado para explicar a geração de viagens de veículos de carga em São João Del Rei, assim como observado também em (Ebias, 2014; Holguín-veras *et al.*, 2013; Holguín-Veras *et al.*, 2011a, 2014; Oliveira *et al.*, 2016) . Essa variável foi escolhida devido à alta correlação com o número de viagens geradas quando comparada com outras variáveis (área do estabelecimento, edificação, receita, entre outros).

O número estimado de 473 viagens obtidas para São João Del Rei é coerente com valores obtidos em outros estudos (Comi *et al.*, 2012; Portugal *et al.*, 2012), no que se refere à concentração de empreendimentos em uma determinada região e conseqüente elevado número de veículos de carga realizando entregas. Isso afeta a mobilidade da região e a área do entorno. Observa-se que número de viagens recebidas na região central de São João Del Rei-MG é pequeno quando comparado a cidades de grande porte (Holguín-veras *et al.*, 2013; Jaller *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2016). Porém, devido a infraestrutura histórica da cidade e aos padrões de uso do solo dessa região (que antecedem os meios de transportes motorizados), essas viagens acabam agravando sobremaneira o tráfego e a infraestrutura viária da cidade da cidade. Dessa forma, medidas que auxiliem na elaboração de políticas públicas para amenização desses problemas precisam ser estudadas, preferencialmente com o apoio da administração pública da cidade.

Como a falta de vagas é especialmente concentrada no período da manhã, a entrega noturna de mercadorias, ou fora do horário de pico (Off hour deliveries –OHD), poderia ser uma alternativa a região estudada. Embora somente uma porcentagem pequena de entregas em São João Del Rei aconteçam fora do horário de pico, esta prática já vem sendo realizada em várias cidades. Como visto anteriormente, a distribuição urbana de mercadorias em horários de pico tem

tornado a atividade mais custosa devido ao tempo perdido em congestionamentos e na busca por vagas apropriadas para carga e descarga.

Contudo, três obstáculos são apresentados por Oliveira *et al.* (2010) e Bertazzo, Tabata *et al.* (2015) ao investigar a implantação desta iniciativa no contexto brasileiro: a falta de segurança, a geração de ruídos e a falta de funcionários para receber as mercadorias. Holguín-Veras *et al.* (2013) apresentam uma série de alternativas e tecnologias que permitem a realização de entregas sem a presença de funcionários, e ainda fornecem informações sobre os melhores equipamentos que diminuem ou eliminem o ruído criado por caminhões.

A curto prazo, a implantação de mais vagas destinadas a operação de carga e descarga de mercadorias seria uma alternativa. Durante a coleta de dados, foi possível observar que os veículos já utilizam alguns locais próximos a ruas estreitas e próximos a locais de grande concentração comercial da cidade para estacionar e realizar a carga e descarga de suas mercadorias, mesmo não havendo vagas reservadas para este fim, como pode ser observado na Figura 4. Assim, parece factível que sejam reservadas mais vagas para carga e descarga. Especialmente, nos setores 4, 6 e 7, onde a necessidade por vagas é a maior: 9, 7 e 12 vagas, respectivamente (Figura 3).



**Figura 4 – Locais utilizados atualmente para estacionamento e carga e descarga de mercadoria**

No setor 4, as vagas poderiam ser implantadas próxima a Praça do Tamandaré, que já é utilizada para realização de carga e descarga de mercadorias na região, mesmo não sendo regulamentada para esse fim. Seu entorno tem extensão total de 112 metros para estacionamento, o que comporta até 25 veículos de pequeno porte. Se fossem implantadas todas as 9 vagas nesse local, elas ocupariam 20% da extensão ao entorno da praça (considerando o estacionamento do veículo de forma frontal). No setor 6, as novas vagas poderiam ser implantadas ao longo da Avenida Tiradentes, que é onde se concentra grande parte das empresas da região. A avenida tem sentido unidirecional, com 800 metros que comportam até 189 veículos de pequeno porte. Se fossem implantadas todas as 7 vagas nessa avenida, elas ocupariam 25% da extensão da via, (que, vale ressaltar, se estende também pelos setores 3 e 9). No setor 7, as vagas poderiam ser implantadas na Avenida Presidente Tancredo Neves, nas regiões próximas as Praça Doutor Salatiel e Praça do Coreto, pois são regiões próximas a lojas de grande porte do setor de eletrodomésticos. Para as mesmas condições observadas nos setores 3 e 6, a ocupação da Praça Doutor Salatiel seria de 33% e a da Praça do Coreto de 30%.

No entanto, é importante destacar que essas configurações são apenas proposições iniciais, cujas vagas precisam ser discutidas com outras partes interessadas na mobilidade e no uso do espaço urbano. Medidas como as já citadas entregas fora de horário de pico podem ser combinadas

com a abertura parcial das vagas detalhadas anteriormente. Ainda, as vagas podem ser localizadas preferencialmente em pontos mais afastadas das praças.

## **6. CONCLUSÕES**

Através dos modelos de geração de viagem elaborados para o centro comercial e histórico da cidade de São João Del Rei-MG, pode-se observar que essa região recebe em média 473 viagens por dia. Os modelos de geração de viagem demonstraram ser uma ferramenta útil para auxiliar os decisores que muitas vezes não possuem dimensão clara sobre o potencial de atração de viagens do comércio local, o que impede o dimensionamento de soluções adequadas para resolver os problemas gerados pelo transporte urbano de cargas.

Entretanto, o desenvolvimento desses modelos precisa de dados estatisticamente confiáveis, por grupo econômico, o que nem sempre pode ser viável, pela indisponibilidade (ou falta de acesso) a esses dados. Se esse for o cenário, é necessário um considerável esforço adicional para a coleta de dados diretamente com as empresas. Ainda, a escolha da variável independente deve ser levada em consideração pois, como verificado nessa pesquisa, o número de funcionários foi capaz de desenvolver modelos que apresentam uma grande correlação dos dados. Essa decisão viabilizou esse trabalho, pois foi possível coletar esse dado diretamente a cada uma das 625 empresas.

Com o número de viagens diárias atraídas na região foi possível verificar que o número de vagas atuais disponíveis para o processo de carga e descarga da região representa somente 15% da quantidade necessária para atender as viagens: 54 necessárias e 8 disponíveis. Seria necessário a criação de mais 46 vagas, caso a decisão seja pela cobertura total, no horário de pico. Esse número, no entanto, pode ser reduzido, com o uso combinado com outras medidas. Como a falta de vagas é especialmente concentrada no período da manhã, a entrega fora do horário de pico (*Off Hour Deliveries –OHD*) seria uma alternativa indicada para São João Del Rei. Para isso, no entanto a experiência em outras cidades brasileiras mostra que para a eficácia dessa medida são necessários condições de segurança pública e incentivos para a adesão das empresas e transportadoras.

Por fim, cabe destacar que, qualquer que seja a estratégia escolhida para a mitigação dos problemas com o transporte urbano de cargas, ela deve ser desenvolvida seguindo as características da cidade/região. Também precisam ser incorporadas no processo as políticas de ocupação e uso do solo para, por exemplo, indicarem a abertura das vagas em locais específicos, previstos em Planos de Mobilidade e/ou Planos Diretores. Conforme amplamente referendado na literatura, o apoio da administração pública e o envolvimento dos diversos atores que compõem o ambiente urbano é fundamental na implementação de medidas relativas ao Transporte Urbano de Cargas. Como trabalho futuro recomenda-se um estudo detalhado sobre a localização das vagas de estacionamento necessárias considerando políticas de mobilidade urbana que possam reduzir o número de vagas a serem implantadas no centro histórico da cidade.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio financeiro concedido aos projetos que subsidiaram o desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Alho, A. R., de Abreu e Silva, J., de Sousa, J. P., e Blanco, E. (2016) Improving mobility by optimizing the number, location and usage of loading/unloading bays for urban freight vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. doi:10.1016/j.trd.2017.05.014
- Alves, R., da Silva Lima, R., Osorio, K., González-Calderón, C. A., e Gomes, W. (2018) Challenges in Urban Logistics : A Research Study in São João Del Rei , a Historical Brazilian City. *Transportation Research Record*, 57(4), 1–13..
- Bertazzo, Tabata, R., Hino, C., Tacla, D., e Yoshizaki, H. T. Y. (2015) Estudo de Caso: Entregas Noturnas na cidade de São Paulo. XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da Anpet OURO PRETO, (1), 1995–2006.
- Carvalho, N. L. A. de. (2017, março 10) Análise dos critérios para implantação de centros de distribuição urbana em cidades históricas brasileiras: o caso de Outro Preto. Universidade Federal de São Carlos. Obtido de <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/8815>
- Comi, A., Delle Site, P., Filippi, F., e Nuzzolo, A. (2012) Urban Freight Transport Demand Modelling: a State of the Art. Paper N° 51. Obtido de [http://www.istiee.org/te/papers/N51/ET\\_2012\\_51\\_7](http://www.istiee.org/te/papers/N51/ET_2012_51_7) - Comi et al.pdf
- Crainic, T. G., Ricciardi, N., e Storchi, G. (2004) Advanced freight transportation systems for congested urban areas. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 12(2), 119–137. doi:10.1016/j.trc.2004.07.002.
- Grieco, E. P., e Portugal, L. da S. (2010) Taxas de geração de viagens em condomínios residenciais – estudo de caso. *Revista Transportes*, (1), 87–95. Obtido de <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/viewFile/386/326>
- Holguín-Veras, J., Hodge, S., Wojtowicz, J., Singh, C., Wang, C., Jaller, M., Aros-Vera, F., Ozbay, K., Weeks, A., Replogle, M., Ukegbu, C., Ban, J., Brom, M., Campbell, S., Sanchez-Díaz, I., González-Calderón, C., Kornhauser, A., Simon, M., McSherry, S., Rahman, A., Encarnación, T., Yang, X., Ramírez-Ríos, D., Kalahashti, L., Amaya, J., Silas, M., Allen, B., e Cruz, B. (2018) The New York City Off-Hour Delivery Program: A Business and Community-Friendly Sustainability Program. *Interfaces*, 48(1), 70–86. doi:10.1287/inte.2017.0929
- Holguín-Veras, J., Jaller, M., Destro, L., Ban, X., Lawson, C., e Levinson, H. (2011) Freight Generation, Freight Trip Generation, and Perils of Using Constant Trip Rates. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2224, 68–81. doi:10.3141/2224-09
- Holguín-Veras, J., Lawson, C., Wang, C., Jaller, M., González-Calderón, C., Campbell, S., Kalahashti, L., Wojtowicz, J., e Ramirez, D. (2016) NCFRP Report 37: Using Commodity Flow Survey Microdata and Other Establishment Data to Estimate the Generation of Freight, Freight Trips, and Service Trips: Guidebook. *Transportation Research Board*, Washington, D.C. doi:10.17226/24602
- Loureiro, S. A., Barbosa, Christiane Lima, e Lima, O. F. J. (2012) Procedimento para Localização e Alocação de Vagas De Carga e Descarga em Centros Urbano. XXVI ANPET. Joinville-SC. Obtido de <https://www.researchgate.net/publication/277558984>
- Nunes, J. L., Alice, M., e Jacques, P. (2007) Determinação do Número de Vagas de Estacionamento para Instituições de Ensino Superior. Coppe-UFRJ. Obtido de <http://www.redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/articulos-cientificos/2007-1/353-universidade-numero-de-vagas-de-estaciona/file>
- Oliveira, L. K. de. (2014) Diagnóstico das vagas de carga e descarga para a distribuição urbana de mercadorias: um estudo de caso em Belo Horizonte. *Journal of Transport Literature*, 8(1), 178–209. doi:10.1590/S2238-10312014000100009
- Oliveira, L. K. De, Oliveira, R. L. M., De, Ramos, C. M. de F., e Ebias, D. G. (2016) Modelo de geração de viagens de carga em áreas urbanas: um estudo para bares, restaurantes e supermercados. *Transportes*, 24(2), 53. doi:10.14295/transportes.v24i2.1058
- Portugal et. al., L. da S. (2012) Polos Geradores de Viagens Orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração. *Interciência*. Obtido de <http://www.buscape.com.br/polos-geradores-de-viagens-orientados-a-qualidade-de-vida-e-ambiental-modelos-e-taxas-de-geracao-licinio-da-silva-portugal-8571933057>
- Souza, C. D. R. de, Silva, S. D., e D´agosto, M. A. (2010) Modelos de geração de viagem para pólos geradores de viagens de cargas. *TRANSPORTES*, 18(1). doi:10.14295/transportes.v18i1.396

---

Kaique Osório ([koanto@hotmail.com](mailto:koanto@hotmail.com)), Roberta Alves ([robertaalves@hotmail.com](mailto:robertaalves@hotmail.com)) e Renato da Silva Lima ([rslima@unifei.edu.br](mailto:rslima@unifei.edu.br)): Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, Av. BPS, 1303, Bairro Pinheirinho, Itajubá – MG. Wilfredo Yushimito ([yushiw2@rpi.edu](mailto:yushiw2@rpi.edu)) e Jose Holguín-Veras ([holguj2@rpi.edu](mailto:holguj2@rpi.edu)): Rensselaer Polytechnic Institute (RPI), Center for Infrastructure, Transportation, and the Environment, 110 Eighth Street, Troy, NY USA