

PROPOSIÇÃO DE MODELOS DE GERAÇÃO DE VIAGENS PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO A PARTIR DE DADOS DE O/D DE CARGA

Juliana Simokomacki Nicolosi

Universidade Federal de São Carlos

Henrique Ewbank

Universidade Estadual de São Paulo

José Geraldo Vidal Vieira

Universidade Federal de São Carlos

RESUMO

Os Polos Geradores de Viagens de Carga são empreendimentos que atraem grande número de viagens, gerando um aumento do fluxo de veículos e acarretando impactos negativos ocasionados pela alta movimentação de veículos de carga, como congestionamentos e emissão de poluentes. O objetivo deste artigo é analisar os dados de fluxo de carga, obtidos na Pesquisa Origem e Destino de Carga realizada pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) em 2015, e propor modelos de geração de viagem que possam identificar as regiões mais suscetíveis a esses impactos gerados por empreendimentos e comércio local. Foram utilizados modelos de regressão linear multivariada. Os resultados mostram que as macrozonas que demandam um maior número de viagens são Centro, Oeste e Sul. Dentro destas macrozonas, destacam-se as zonas Consolação, Bela Vista e Jardim Paulista, Lapa e Vila Leopoldina com maior fluxo de carga, que são responsáveis pelo acesso às principais rodovias do estado de São Paulo, bem como ao porto de Santos.

ABSTRACT

The Trip Generating Centers are projects that attract a great number of trips, generating an increase of the flow of vehicles and causing negative impacts due to high movement of vehicles of load, like congestion and emission of pollutants. The objective of this article is to analyze the load flow data obtained in the O-D Survey produced by the Traffic Engineering Company (CET) in 2015, and to propose models of trip generation that can identify the regions most susceptible to these impacts generated by entrepreneurship and local commerce. Linear multivariate regression models were used. The results show that the macrozones that demand a greater number of trips are Central, West and South. Within these macrozones are the areas Consolação, Bela Vista and Jardim Paulista, Lapa and Vila Leopoldina with greater flow of cargo, which are responsible for the access to the main highways of the state of São Paulo, as well as to the port of Santos.

1. INTRODUÇÃO

O transporte de mercadorias é uma atividade significativa para o funcionamento da economia das cidades, por criar fluxos de produtos para dentro e para fora de áreas urbanas (Wegmann *et al.*, 1995). A elaboração de um sistema de distribuição urbana eficiente torna-se necessário para que as demandas sejam atendidas e para que os setores econômicos de uma cidade cresçam, já que a indisponibilidade de bens implicaria em um desequilíbrio nas relações sociais e econômicas existentes nas áreas urbanas (Oliveira *et al.*, 2016). Além disso, espera-se que os fluxos de produtos continuem a aumentar durante as próximas décadas, o que leva à necessidade de um planejamento eficiente desse sistema, a fim de promover e facilitar seu crescimento sustentável (Novak *et al.*, 2011).

Segundo Schoemaker *et al.* (2006), a falta de estudos para compreender e avaliar a complexidade do sistema de distribuição de carga na maioria das grandes cidades faz com que os efeitos das medidas adotadas não sejam totalmente compreendidos e a sua contribuição econômica, social e ambiental não sejam conhecidas por completo. De acordo com Guldbbrand, Johansson e Westblom (2015), vê-se um aumento do interesse em um desenvolvimento urbano sustentável, o

que implica aumentar a qualidade de vida nas cidades sem prejudicar as próximas gerações. Como a distribuição urbana de mercadorias contribui negativamente para os impactos ambientais em cidades, como emissão de poluentes e acidentes de tráfego, entre outros impactos, como congestionamentos e saturação da infraestrutura viária, têm-se a oportunidade de desenvolver pesquisas que tenham como objetivo compreender melhor esses impactos causados pelo sistema de distribuição de mercadorias e buscar minimizá-los através de estratégias, sem que o progresso econômico seja prejudicado (Sánchez-Días, Holguín-Veras e Wang, 2016).

Uma das formas de se estudar os principais responsáveis por esses impactos é identificar os principais Polos Geradores de Viagens de Carga (PGV Carga). Por meio de modelos de geração de viagem, identifica-se os principais fluxos de mercadoria (Comi *et al.*, 2012) que abastecem estes PGVs. Como resultado desses estudos, é possível direcionar políticas públicas para minimizar os impactos em uma determinada região e gerenciar de forma mais eficiente a mobilidade dessa área em torno do empreendimento responsável (Oliveira *et al.*, 2016), o que pode contribuir para a melhoria da logística urbana.

A pesquisa tem como objetivo principal analisar os dados obtidos da Pesquisa Origem e Destino de Carga realizada pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET, 2016) e propor modelos de geração de viagem, utilizando, *a priori*, regressão linear como técnica de modelagem. Busca-se encontrar modelos que tenham validação estatística para prever taxas de geração de viagem e identificar quais da região metropolitana de São Paulo (RMSP) estão mais suscetíveis a sofrer problemas, como poluição sonora e congestionamentos, podendo então se aplicar também medidas para incentivar a sustentabilidade social e ambiental no âmbito do transporte urbano de carga (Quak, 2008). A contribuição deste estudo é prever o número de viagens de carga não só por meio do tamanho da área das instalações, mas também pelo número de veículos não terceirizados que as empresas possuem.

Vários trabalhos semelhantes foram realizados no Brasil (Torquato e Raia Júnior, 2014; Jacobsen *et al.*, 2010; Gonçalves e Portugal, 2012; Oliveira *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2017); porém nenhum desses tem foco na RMSP ou leva em consideração o volume de dados que está disponível pela base O-D de carga (CET, 2016). Outros trabalhos relevantes serviram de guia para esta pesquisa, sendo eles: Sanchez-Díaz (2016); Novak *et al.* (2011); Alho e de Abreu e Silva (2014); Holguín-Veras et al. (2011); Holguín-Veras *et al.* (2013); Holguín-Veras e Jaller (2014).

O desenvolvimento desse trabalho se inicia com uma revisão de literatura na seção 2. A seção 3 descreve a metodologia utilizada. A seção 4 apresenta os resultados obtidos, enquanto que as discussões acerca dos mesmos encontram-se na seção 5. A seção 6 encerra o trabalho com as conclusões.

2. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com a Companhia de Engenharia de Tráfego – CET (1983) pode-se definir um Polo Gerador de Viagem (PGV) como:

[...] um empreendimento de grande porte que atrai ou produz um grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação em seu

entorno imediato podendo prejudicar a acessibilidade de toda uma região, ou agravar condições de segurança de veículos e pedestres.

Adicionalmente, os PGVs podem ser definidos, segundo a Rede Ibero-Americana de Estudo em Polos Geradores de Viagens, como instalações de naturezas distintas, tendo em comum o desenvolvimento de atividades em porte e escala com capacidade de exercer grande atratividade sobre a população, e produzir um número significativo de viagens, o que implica na necessidade de grandes espaços para apoiar a operação, como estacionamento, carga e descarga, embarque e desembarque. Esses espaços, por sua vez, acabam promovendo impactos positivos e negativos na região do PGV.

Segundo Oliveira *et al.* (2017), utilizam-se de modelos de geração de viagem para identificar o impacto que empreendimentos causam no sistema viário de uma determinada região, sendo assim possível a adoção de medidas para reduzir as externalidades causadas no sistema, sejam elas ambientais, sociais ou de infraestrutura. Para a elaboração e estudos desses modelos devem-se levar em consideração cinco fatores (Holguín-Veras *et al.*, 2012): (i) variáveis dependentes, como viagens-veículos, mercadoria e valor, e independentes, como área construída, número de funcionários e tipo de mercadoria; (ii) nível de agregação: desagregado ou agregado; (iii) nível geográfico: metropolitano, estadual, corredores de transporte ou facilidades logísticas (como portos, por exemplo); (iv) abordagem metodológica: regressão linear, regressão espacial, análise de variância, série temporal, análise de *input-output* ou redes neurais; e (v) estrutura do modelo, linear ou não linear. Dos estudos revisados pelos autores, 47% tem como variável dependente viagens-veículos, 48% são desagregados, 25% utilizam a regressão linear como técnica de modelagem e a maioria dos modelos (22 de 33) são lineares.

Muitos modelos de geração de viagem são calculados utilizando o método de regressão linear multivariada (Kulpa, 2014). A utilização desse tipo de modelo possibilita estimar o número de viagens geradas em grandes regiões ou distritos, mensurando diferentes atividades em um único modelo através da consideração de múltiplas variáveis independentes (NCHRP Synthesis 298, 2001). Um possível exemplo da utilização deste método encontrado na literatura nacional, é a pesquisa realizada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2016), que desenvolveu modelos para geração e atração de viagens do transporte de carga inter-regional, buscando investigar a existência de relação entre a quantidade de toneladas transportadas com variáveis independentes, tais quais produção e consumo da zona e massa salarial.

Foi realizado um levantamento na literatura nacional de modelos de geração de viagem aplicados a estudos de PGV Carga. Os dados encontrados nos trabalhos estão resumidos na Tabela 1, que mostra as pesquisas, as variáveis dependentes e independentes, setores e o R^2 do modelo obtido.

Tabela 1: Relevantes pesquisas nacionais sobre PGV Carga

Artigo	Variável Dependente	Variável Independente	Setor	R ²
CET-SP (1983)	Viagens atraídas	Área bruta	Shopping center	-
		Área construída	Supermercados	-
Melo (2002)	Número de viagens	Área construída	Supermercado	0,56
			Vestuário	0,01
			Comércio varejista	0,88
			Bar e restaurante	0,80
			Material de construção	0,58
			Combustível	0,33
Campos e Melo (2004)	Número de viagens realizadas pela empresa de transporte	Número de viagens por caminhão	Supermercado, comércio varejista, bar, restaurante e material de construção	0,60
		Número de veículos da empresa de transporte	Não especificado	0,88
		Número médio de estabelecimentos visitados		0,70
Silva e Waisman (2007)	Número de viagens	Área do estabelecimento	Bar e restaurante	0,71
		Número de funcionários		0,74
		Área do estabelecimento (x1) e número de funcionários (x2)		0,75
	0,91			
Gasparini (2008)	Volume de veículos no dia pico	Vagas de estacionamento (x1) e número de funcionários (x2)	Supermercado	0,52
		Área construída (x1) e volume médio de clientes (x2)	Shopping center	0,98
Freitas (2009)	Viagens atraídas	Área construída (x1), habitantes por m ² (x2) e número de vagas (x3)	Supermercado	0,90 0,95 0,95
Oliveira <i>et al.</i> (2016)	Número de veículos de carga atraído pelo empreendimento	Número de funcionários	Bar e restaurante	0,68
			Mercados	0,46
			Supermercados	0,75
		Área do estabelecimento	Bar e restaurante	0,82
				0,82
			Mercados	0,84
Supermercados	0,74			
Oliveira <i>et al.</i> (2017)	Viagens geradas	Área construída	Shopping center	0,91
	Viagens atraídas	Número de vagas		0,98
		Número de lojas		0,94
		Capacidade do cinema	0,96	
		Área construída	Supermercado	0,81
	Número de vagas	0,80		

Observa-se que, dentre os trabalhos analisados, a grande maioria utiliza o método de regressão linear simples e adota o número de viagens, como variável dependente, e área do estabelecimento e número de funcionários, como variáveis independentes. Além disso, os modelos foram criados

para estabelecimentos dos setores comercial e de varejo, o que demonstra um aumento no interesse em desenvolver estudos voltados à distribuição de carga em grandes cidades.

O coeficiente de determinação múltipla (R^2) é uma medida da redução na variabilidade da variável independente (y) obtida através da regressão da variável dependente (x). O valor de R^2 pode variar entre 0 e 1, entretanto um R^2 de valor grande não significa necessariamente que o modelo seja bom. Estes modelos podem resultar em previsões pobres de novas observações ou estimativas de respostas médias (Montgomery e Runger, 2003). Sendo assim, observa-se que de forma geral a maioria dos trabalhos apresenta bons resultados ($R^2 \geq 0,70$) quanto a esse coeficiente. Essa indicação implica que é possível obter resultados satisfatórios com modelos com mais de duas variáveis independentes e que a complexidade da função matemática utilizada associada ao modelo é de menor significância quando comparada com os conhecimentos que levam à escolha das variáveis dependentes e independentes (Souza, Silva e D'agosto, 2010).

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido para a RMSP, onde concentram-se 39 municípios, conforme a Figura 1. Com uma população estimada de 21,4 milhões de habitantes, cerca de 50% da população estadual, distribuídos em 7.947 km², a região possui densidade demográfica de 2.691,80 hab/km² (IBGE, 2015). Em 2015, seu Produto Interno Bruto (PIB) corresponde a 17,63% do PIB do Brasil e 54,48% do PIB do Estado de São Paulo (IBGE, 2015).

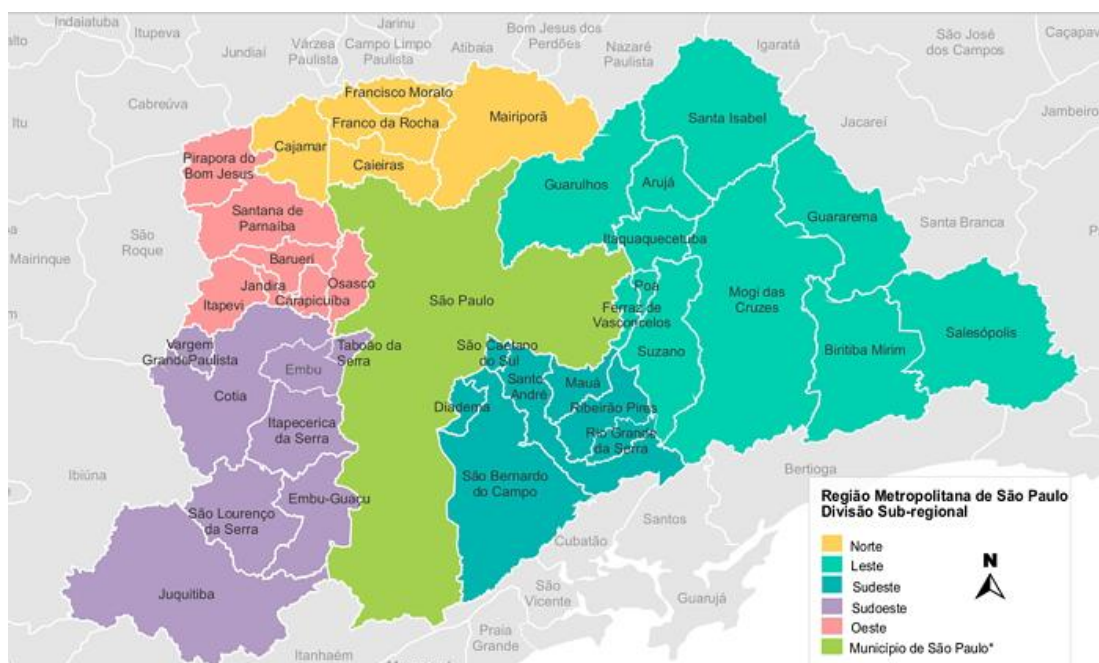


Figura 1: Mapa de localização da Região Metropolitana de São Paulo. **Fonte:** Emplasa VCP/UDI (2011)

Em 2015, a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP) realizou uma pesquisa com empresas do setor de transporte, registradas na RMSP, com o objetivo de coletar dados sobre a distribuição de cargas urbanas. Esta pesquisa visou compreender a logística de cada setor

econômico, avaliando os impactos de investimento em infraestruturas e políticas para melhor administrar congestionamentos e emissões (CET, 2016).

A pesquisa O/D de cargas, publicada em dezembro 2015, estratificou todas as empresas alvo por setor econômico e porte, com base no arquivo da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) de 2011. Por meio desta é possível identificar o fluxo de carga na RMSP, número e localização de instalações logísticas (fábricas, centros de distribuição e armazéns). No segundo semestre de 2015, foram enviados questionários para as empresas, tendo como resposta 3.001 questionários.

Os dados disponíveis da pesquisa O/D de cargas foram analisados, e suas variáveis foram comparadas com outras variáveis usadas na literatura nacional e internacional de modelos de polos geradores de viagens. Dessa forma, foi selecionada como variável dependente o número de viagens. As variáveis independentes utilizadas foram a área da instalação, o número médio de funcionários da instalação, e o total de veículos próprios da instalação.

Para efeitos de estudo de polos de geração de viagens, os dados foram agregados em macrozonas e zonas, conforme definição da pesquisa O/D de cargas. A pesquisa realizada enumerou as zonas das instalações de 1 a 100, identificadas como sendo distritos do município de São Paulo (1 a 49), municípios da região metropolitana e do estado de São Paulo, outras localidades no Brasil ou fora do país. Os dados de diversas zonas podem ser agregados em uma macrozona, onde cada valor corresponde a um conjunto de zonas onde está localizada uma instalação. Existem somente 13 zonas relativas ao município de São Paulo, como por exemplo as macrozonas Sul e Noroeste, além da macrozona Resto do Estado de São Paulo. Nota-se que a região leste, por ser territorialmente extensa, foi dividida em três macrozonas: Leste 1, Leste 2 e Leste 3.

Para cada nível de agregação, macrozona e zona, foram executadas regressões lineares múltiplas, de forma a entender como as variáveis independentes “frota própria”, “média de empregados” e “área construída” poderiam explicar a variável dependente “número de viagens”. Para efeitos de comparação com outros modelos encontrados na literatura, utilizamos o coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado), para mensurar a qualidade do modelo encontrado.

Por fim, os resultados encontrados são discutidos quanto à sua significância estatística e, uma vez comprovada a relevância do modelo, são identificadas as macrozonas e zonas que mais geram ou atraem viagens. Fatores causadores dessa atração de viagens são enumerados, o que permite que gestores públicos possam agir nessas localidades para lidar com esses polos geradores de viagens, de modo a diminuir o impacto negativo que isso possa causar na região, ao mesmo tempo que possam prepará-la para um crescimento sustentável.

4. RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho estão agregados de acordo com sua respectiva zona ou macrozona.

4.1. Dados agrupados por macrozona

Após o desenvolvimento do modelo de regressão para esta categoria, foram obtidos os dados contidos na Tabela 2, ordenados pelo número de viagens que entram e saem de cada macrozona.

A Tabela 2 mostra os dados utilizados nos modelos utilizados, para cada macrozona, ordenados pelo número de viagens que entram e saem de cada região. Assim, como variável dependente tem-se o “número de viagens” e como variáveis independentes, “frota própria”, “média de empregados” e “área construída”. Observa-se que as macrozonas com o maior número de viagens são Centro, Oeste e Sudeste.

Tabela 2: Dados da base O/D de cargas, agrupados por macrozona da instalação

Macrozonas	Frota própria	Média de empregados	Área construída (m ²)	Número de viagens
Centro	488	14.989	70.054	1.721
Oeste	495	11.361	510.016	1.349
Sudeste	494	11.121	285.833	1.150
Leste 1	554	4.625	149.515	823
Sudoeste	231	8.778	194.018	546
Leste 2	223	2.189	48.227	486
Norte	254	3.103	77.075	479
Nordeste	602	1.300	121.586	425
Noroeste	137	7.667	341.774	236
Leste 3	91	823	13.084	161
Metropolitana de São Paulo	45	16.276	2.054.464	73
Resto do Estado de São Paulo	153	1.766	76.534	28
Sul	22	173	3.942	26
Resto do Brasil	238	4.386	63.450	18

Os coeficientes desta regressão e seus respectivos níveis de significância são apresentados na Tabela 3. Além desses resultados, o modelo apresentou um valor de R² ajustado de 0,7534, que é igual ou superior a aproximadamente 53% dos dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 3: Coeficientes da regressão multivariada, para os dados agrupados por macrozona

Variável	Estimador	Desvio padrão	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	- 2,30 e+02	1,454 e+02	- 1,585	0,14398 NS
Frota própria	1,301 e+00	4,442 e-01	2,929	0,01507 *
Média de empregados	9,218 e-02	2,757 e-02	3,344	0,00744 **
Área construída	- 5,811 e-04	2,736 e-04	- 2,124	0,05965 •

Nota: •p<0.1; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001. NS=Não significativo

Analisando os valores dos estimadores, apresentados na Tabela 3, é possível notar que a variável “área construída” possui sinal negativo, ou seja, quanto maior a área da instalação, menor o número de viagens geradas. As variáveis “frota própria” e “área construída” possuem sinal positivo, portanto, elas contribuem positivamente para a variável “número de viagens”.

4.2. Dados agrupados de acordo com a zona

A Tabela 2 mostra os dados utilizados nos modelos utilizados para cada macrozona, ordenados pelo número de viagens que entram e saem de cada região. Assim, como variável dependente tem-se o “número de viagens” e como variáveis independentes, “frota própria”, “média de empregados” e “área construída”. Observa-se que as macrozonas com o maior número de viagens são Centro, Oeste e Sudeste.

O mesmo procedimento desenvolvido para os dados agrupados por macrozonas foi realizado para os dados agrupados por zonas. Por se tratar de uma classificação com quase setenta zonas, são apresentados os resultados para as três zonas com maiores números de viagens na Tabela 4, e as quatro zonas com os menores números de viagens são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 4: Dados agrupados das zonas com o maior número de viagens

Zonas	Frota própria	Média de empregados	Área construída (m ²)	Número de viagens
Consolação, Bela Vista e Jardim Paulista	112	7.616	439.744	698
Lapa	153	5.925	80.611	610
Vila Leopoldina	277	2.246	29.040	435

Assim, as três zonas com maior número de viagens geradas e atraídas Consolação, Bela Vista e Jardim Paulista, agrupadas como uma única macrozona pela própria CET-SP, Lapa e Vila Leopoldina, enquanto as quatro com menor número são Cajamar, Mogi das Cruzes, Itapetininga e Araçatuba, Bauru, Marília, Presidente Prudente e Assis, agrupadas como uma única macrozona.

Tabela 5: Dados agrupados das zonas com o menor número de viagens

Zonas	Frota própria	Média de empregados	Área construída (m ²)	Número de viagens
Cajamar	0	1.000	1	1
Mogi das Cruzes	6	15	3.560	1
Itapetininga	1	15	10.000	1
Araçatuba, Bauru, Marília, Presidente Prudente e Assis	0	2	1	1

Os coeficientes desta regressão e nível de significância de cada variável estão descritos na Tabela 6. Este modelo apresentou um R² ajustado de 0,52, maior ou igual a 19% dos dados levantados no Tabela 1, e todas as variáveis se mostraram significativas.

Tabela 6: Coeficientes da regressão multivariada para os dados agrupados por zona

Variável	Estimativa	Desvio padrão	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	32,6143015	14,6921637	2,220	0,029927 *
Frota própria	0,6243056	0,1429910	4,366	4,64 e-05 **
Média de empregados	0,0545931	0,0107449	5,081	3,40 e-06 **
Área construída	- 0,0004516	0,0001193	- 3,785	0,000338 **

Nota: •p<0.1; *p < 0.05; **p < 0.01; ***p < 0.001. NS=Não significativo

Pelas Tabelas 4-6 é possível notar o sinal negativo do estimador da variável “área construída”, o que significa que uma instalação com uma área maior contribuirá negativamente para o número de viagens. Estes resultados corroboram aqueles apresentados pelo agrupamento por macrozonas. Portanto, as variáveis “frota própria” e “média de empregados” contribuem positivamente para o “número de viagens”; ou seja, quanto maior o número de veículos e funcionários, maior a quantidade de viagens de transporte de cargas.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com os resultados significativos das regressões, pode-se descrever o comportamento do número de viagens de carga em função da quantidade de veículos próprios de uma instalação, do seu número de funcionários e da sua área construída. As principais macrozonas de geração e atração de viagens de carga são Centro, Oeste e Sudeste. A macrozona Centro é o principal com 1.721 viagens, região de fácil acesso à Marginal Tietê, que por sua vez é uma via de acesso às rodovias Castelo Branco, Anhanguera, Bandeirantes, Presidente Dutra, Fernão Dias e Ayrton Senna e ao Aeroporto Internacional de São Paulo – Guarulhos. As macrozonas Oeste e Sul, com 1.349 e 1.150 viagens, respectivamente, possuem acesso à Marginal Pinheiros, entrada para as rodovias Imigrantes e Anchieta, rotas para chegar até o Porto de Santos. Além disso, a macrozona Sul é onde se localiza o Aeroporto de São Paulo – Congonhas.

Considerando o agrupamento por zonas, os resultados apontam que os distritos da Consolação, Bela Vista e Jardim Paulista, Lapa e Vila Leopoldina são os que mais geram e atraem viagens. Esses distritos se localizam nas regiões Centro, Sudeste e Sudoeste, respectivamente, o que corrobora com os resultados obtidos no agrupamento por macrozona. De acordo com os dados demográficos (INFOCIDADE, 2010) de cada destino contidos na Tabela 7, pode-se afirmar que em função do grande número de viagens e a alta densidade demográfica, principalmente para a Consolação, Bela Vista e Jardim Paulista, impactos negativos como congestionamento e saturação da infraestrutura viária estão mais propensos a acontecer. Além disso, impactos ambientais como emissão de poluentes e poluição sonora possuem maior tendência para ocorrer, prejudicando o nível da qualidade de vida nestas regiões.

Tabela 7: Dados demográficos para os distritos com maior número de viagens

Distrito	Área (km ²)	População (2010)	Densidade Demográfica (hab/km ²)
Consolação, Bela Vista e Jardim Paulista	12,4	215.517	17.380
Lapa	10,0	65.739	6.574
Vila Leopoldina	7,2	39.485	5.484

Com relação às zonas que apresentaram poucas viagens, destaque para as zonas de Cajamar e Mogi das Cruzes, conhecidas por abrigar diversos centros de distribuição e pela sua atividade industrial, respectivamente. Esse baixo número de viagens pode ser por conta de um baixo número de respondentes dessas regiões. As demais zonas com poucas viagens correspondem a municípios afastados da RMSP.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os de Silva e Waisman (2007) e Oliveira *et al* (2017). A consideração das variáveis “frota própria”, “média de funcionário” e “área construída” se mostrou, mais uma vez, significativa e com resultados estatísticos bons para considerar os modelos eficientes para cumprir seus objetivos. A quantidade segmentos das empresas e de dados analisados neste estudo são significativamente maiores do que nos de Silva e Waisman (2007) e Oliveira *et al* (2017). Entretanto, a utilização de uma abordagem metodológica similar, variáveis dependentes e independentes similares e motivações parecidas possibilitou que este estudo gerasse resultados próximos à desses outros autores. A variável frota própria também se mostrou significativa, corroborando com o resultado encontrado por Campos e Melo (2004), o único

trabalho do nosso levantamento que considerou como variável independente o número de veículos da empresa de transporte. Outros estudos ou variáveis independentes, como, por exemplo, o percentual de caminhões correspondentes à frota própria, podem detalhar o quanto uma sazonalidade de viagens pode influenciar no número de viagens de uma região.

6. CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo identificar as maiores regiões geradoras de viagens de carga, pelos critérios de macrozona e zona, dentro da Região Metropolitana de São Paulo, sendo as macrozonas Centro, Oeste e Sudeste e as zonas Consolação, Bela Vista e Jardim Paulista, Lapa e Vila Leopoldina as que mais demandam viagens de carga. Essa identificação poderá servir como subsídio para a proposição políticas públicas mais assertivas quanto ao planejamento do transporte na região com a finalidade de minimizar os impactos negativos ocasionados pelo alto fluxo de veículos de carga.

Embora os resultados tenham sido mostrados para as principais macrozonas e respectivas zonas, pode-se concluir que o número de viagens de carga gerada na RMSP depende do tamanho da área construída de cada instalação logística, do número de funcionários e, por fim e mais interessante, da frota própria. Esta última variável chama a atenção, pois frota própria pode sugerir periodicidade e regularidade na utilização de veículos de carga que transitam diariamente pelas vias dentro de uma área mais restrita ou microzonas, no entanto este resultado sugere investigações mais detalhadas.

Como limitação desta pesquisa, pode-se citar a grande quantidade de dados não respondidos sobre detalhes das viagens de entrega ou recebimento, o que acaba por diminuir a representatividade de empresas de transporte por municípios da RMSP. Por exemplo, um desses efeitos foi encontrar o resultado inesperado de baixo número de viagens no município de Cajamar. Apesar dos resultados sugerirem maiores análises sobre os municípios da RMSP, a regressão linear multivariada permitiu fazer análises robustas e corroborar a literatura à medida que “média de empregados” e “área construída da instalação” são boas variáveis para predizer número de viagens de carga.

Como trabalhos futuros, sugere-se utilizar o mesmo procedimento realizado neste artigo para prever os impactos gerados pela pesquisa de origem e destino de movimentação da população da Região Metropolitana de São Paulo, com foco nas externalidades do transporte urbano. Sugere-se ainda, fazer o cruzamento das bases de mobilidade urbana de passageiros e mobilidade urbana de carga, a fim de obter informações mais completas sobre as regiões mais propensas a apresentarem consequências dos altos fluxos de movimentação. Outra análise possível é usar o setor econômico como variável moderadora.

Agradecimentos

Essa pesquisa foi financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Processo FAPESP 2018/01817-4; FAPESP 2017/06074-7 e pelo CNPq Processo 209516/2016-1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHO, A. e de ABREU e SILVA, J. (2014) Freight-Trip Generation Model: Predicting Urban Freight Weekly Parking Demand from Retail Establishment Characteristics. *Transportation Research Record* 2411, 45-54. 2014.
- CAMPOS, V. B. G. e MELO, I. C. B. (2004) Análisis de la demanda de transporte de carga en area urbana bajo el punto de vista de la production y de la atracción de viajes. *Anais do VI Congresso de Ingenieria Del Transporte*, Zaragoza, Espanha.
- CET - Companhia de Engenharia de Tráfego. (1983) *Pólos Geradores de Tráfego*. Boletim Técnico no 32. Prefeitura de São Paulo.
- CET – Companhia de Engenharia de Tráfego. (2015) *Planejamento da pesquisa origem/destino de cargas no município de São Paulo*. Caderno técnico v. 22. Prefeitura de São Paulo.
- COMI, A.; SITE, P. D.; FILIPPI, F. e NUZZOLO, A. (2012) Urban freight transport demand modelling: a state of the art. *European Transport*, Trieste, Italy, v. 51, n. 7, 17 p.
- EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. (2001) Mapa da Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em: <<https://www.emplasa.sp.gov.br/RMSP>>. Acesso em: jun. 2018
- GONÇALVES, F. e PORTUGAL, L. S. (2012) Os Impactos dos Grandes Empreendimentos na Mobilidade Urbana: Os Polos Geradores de Viagens. *Revista UFG*, n.12, p.28-34.
- GULDBRAND, S.; JOHANSSON, L. e WESTBLOM, L. (2015) *Estimating freight deliveries in urban environments: an application to Frihamnen*. 96 p. Master of Science in the Supply Chain Management – Department of Technology Management and Economics, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- HOLGUÍN-VERAS, J.; JALLER, M.; SANCHEZ-DIAS, I.; WOJTOWICZ, J.; CAMPBELL, S.; LEVINSON, H.; LAWSON, C.; POWERS, E. L. e TAVASSZY, L. (2012) Freight Trip Generation and Land Use. 1 ed. Washington D.C.: *Transportation Research Board*. 164 p.
- HOLGUÍN-VERAS, J. e JALLER, M. (2014) Comprehensive freight demand data collection framework for large urban areas. In Gonzalez-Feliu, J., Semet, F., Routhier, J.L. (eds.) *Sustainable Urban Logistics: Concepts, Methods and Information Systems*. Springer, Heidelberg, p. 91-112.
- 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*, 2224, 68-81.
- HOLGUÍN-VERAS, J., SÁNCHEZ-DÍAZ, I., LAWSON, C., JALLER, M., CAMPBELL, S., LEVINSON, H., SHIN, H.S. (2013) Transferability of freight trip generation models. *Transportation Research Record*, 2379, 1-8.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015) Dados socioeconômicos da Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: jun. 2018.
- INFOCIDADE. (2010) *População recenseada, taxas de crescimento populacional e densidade demográfica para o município de São Paulo, subprefeituras e distritos municipais*. Disponível em: <http://infocidade.prefeitura.sp.gov.br/htmls/7_populacao_recenseadatas_de_crescimento_1980_10745.html>. Acesso em: jun. 2018.
- IPEA. (2016) *Modelos de regressão para geração e atração de viagens do transporte de cargas inter-regional*. Relatório metodológico. Brasília.
- JACOBSEN, A. C.; H. B. B. CYBIS; L. A. LINDAU e A. B. PINTO. (2010) Modelos de geração e variabilidade no volume diário de veículos em shopping centers. *Transportes*, v. 18, n. 1, p. 104-112.
- KULPA, T. (2014) Freight truck trip generation modelling at regional level. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, v. 111, p. 197 - 202.
- MELO, I. C.B. (2002) *Avaliação de demanda por transporte de carga em áreas urbanas*. 173 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- MONTGOMERY, D. C. e RUNGER, G. C. (2003) *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. Ed. LTC, Rio de Janeiro.
- NCHRP Syntesis 298. (2001) *Truck Trip Generation Data*. Washington. D.C.
- NOVAK, D. C.; HODGDON, C.; GUO, F. e AULTMAN-HALL, L. (2011) Nationwide freight generation models: a spatial regression approach. *Networks and Spatial Economics*, New York, United States of America, v. 11, n. 1, p. 23-41.

- OLIVEIRA, L. K.; OLIVEIRA, R. L. M.; RAMOS, C. M. F. e EBIAS, D. G. (2016) Modelo de geração de viagens de carga em áreas urbanas: um estudo para bares, restaurantes e supermercados. *Transportes*, v. 24, n. 2, p. 53-67.
- OLIVEIRA, L. K.; STUBBS, L. C. M.; GONTIJO, N. T. e OLIVEIRA, R. L. M. (2017) Proposição de modelos de geração de viagens para Belo Horizonte. *Transportes*, v. 25, n. 2, p. 137-155.
- QUAK, H. J. (2008) *Sustainability of urban freight transport: retail distribution and local regulations in cities*. 1 ed. Rotterdam: Erasmus University Rotterdam. 262 p. (ERIM Ph. D. Series Research in Management)
- REDE PGV. *O que é um PGV*. Rede Ibero-americana de Estudo em Polos Geradores de Viagens. Disponível em <<http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/pt-BR/conceitos/o-que-e-um-pgv>>. Acesso em: jan. 2018.
- SÁNCHEZ-DÍAS, I.; HOLGUÍN-VERAS, J. e WANG, X. (2016) An exploratory analysis of spatial effects on freight trip attraction. *Transportation*, New York, United States of America, v. 43, n. 1, p. 177-196.
- SANCHEZ-DÍAZ, I. (2016) Modeling urban freight generation: A study of commercial establishments' freight needs. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 102, 3-17.
- SCHOEMAKER, J.; ALLEN, J.; HUSCHEBECK, M. e MONIGL, J. (2006) *Quantification of urban freight transport effects I. Bestufs Consortium*.
- SOUZA, C. D. R.; SILVA, S. D. e D'AGOSTO, M. A. (2010) Modelos de geração de viagens para pólos geradores de viagens de cargas. *Transportes*, v.18, n. 1, p. 46-57.
- TORQUATO, T. L. de L.; RAIA JUNIOR, Archimedes Azevedo. (2014) Modelos de geração de viagens para condomínios residenciais horizontais. *Transportes*, v. 22, p. 56.
- WEGMANN, F. J.; CHATTERJEE, A.; LIPINSKI, M. E.; JENNINGS, B. R. e MCGINNIS, R. E. (1995) *Characteristics of urban freight systems*. Office of Environment and Planning. Washington DC: US Department of Transportation.