



## ANÁLISE DE GERAÇÃO DE VIAGENS DE CARGA EM ÁREAS URBANAS

Beatriz Lagnier Gil Ferreira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Rio de Janeiro

Junho de 2016

# ANÁLISE DE GERAÇÃO DE VIAGENS DE CARGA EM ÁREAS URBANAS

Beatriz Lagnier Gil Ferreira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

---

Prof. Marcelino Aurélio Vieira da Silva, D.Sc.

---

Prof. Jose Carlos Cesar Amorim, D.Sc.

---

Prof. Ilton Curty Leal Junior, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JUNHO DE 2016

Ferreira, Beatriz Lagnier Gil

Análise de geração de viagens de carga em áreas urbanas/ Beatriz Lagnier Gil Ferreira. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2016.

IX, 78 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 72-78.

1. Geração de viagens de carga. 2. Transporte urbano de carga. 3. Modelo de Quatro Etapas. I. Silva, Marcelino Aurélio Vieira da. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

## AGRADECIMENTOS

Antes de agradecer a todos que me ajudaram a chegar aqui, tenho que começar agradecendo ao melhor orientador que eu poderia ter. Prof. Marcelino, primeiramente, muito obrigada pela oportunidade que me deu de ser uma de seus soldados. Muito obrigada por ter me ensinado tudo que me ensinou nesse último ano, que foi muito mais do que eu esperava ser possível em um período tão curto. Muito obrigada pela confiança que teve em mim e por ter acreditado no meu potencial, mesmo sabendo de todos meus defeitos. Sua orientação redefiniu muitos conceitos meus, sobretudo de parceria e lealdade, e por causa dela que cheguei até aqui e escolhi ficar mais quatro anos. Enquanto você sentir que ainda veste o verde oliva, serei sempre a soldada mais leal que você vai ter ao seu lado.

Agradeço também à mulher sem a qual eu não seria ninguém. Mãe, muito obrigada por todos os valores que você me passou, obrigada por ter sido minha inspiração, obrigada por acreditar sempre em mim, por ter me ensinado a sempre buscar minha felicidade, tanto pessoal como profissional. Todas as minhas conquistas são, na verdade, nossas, e só existem porque você faz parte da minha vida, porque você me criou, porque você foi a melhor mãe que poderia existir.

Agradeço, também, aos presentes que o PET me deu, em especial, Luiza, Lygia e Inaê, que me aguentaram reclamações e desabafos intermináveis durante esse processo, compartilhando momentos bons e ruins, e que me ajudaram a chegar inteira na reta final.

Aos demais que compartilharam salas e o corredor do Bloco H e que contribuíram de diferentes formas e todas sempre muito especiais.

Aos queridos Daniel, Raissa, Letícia e Guilherme, que estão sempre ao meu lado compartilhando alegrias, conquistas, dificuldades e aguentando meus desabafos.

Aos professores Ilton Curty Leal Junior e Jose Carlos Cesar Amorim por aceitarem participar da banca.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio concedido para que esta dissertação tenha sido concluída.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

## ANÁLISE DE GERAÇÃO DE VIAGENS DE CARGA EM ÁREAS URBANAS

Beatriz Lagnier Gil Ferreira

Junho/2016

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Programa: Engenharia de Transportes

A movimentação de cargas em áreas urbanas é parte essencial do funcionamento das cidades, porém a falta de conhecimento sobre os fluxos de carga por parte das autoridades locais dificulta a realização do planejamento de transportes, sendo, portanto, relevante o desenvolvimento de estudos que auxiliem nesta compreensão. Um melhor entendimento dos fatores que influenciam a geração de demanda de carga, e sua conexão com uso do solo, pode ajudar a fornecer as previsões de demanda mais precisas e melhor quantificação dos impactos da atividade de tráfego de mercadorias. Desta forma, o objetivo da dissertação é analisar, por meio de variáveis socioeconômicas, a geração de viagens de cargas em áreas urbanas. Foi realizada uma revisão sistemática com objetivo de identificar na literatura variáveis explicativas frequentemente utilizadas em modelos de geração de viagens de carga, e analisar quais dessas poderiam ser usadas para auxiliar na compreensão do fluxo de cargas. Em seguida, foi elaborado um procedimento e aplicado à Região Metropolitana do Rio de Janeiro utilizando o método de regressão linear para verificar a existência de uma relação entre variáveis socioeconômicas e os fluxos de carga B2B (*business to business*), B2H (*business to household*) e Total, obtidos no Plano Diretor de Transportes Urbano. Os resultados foram avaliados estatisticamente e viu-se que o Fluxo B2B possui relação com emprego e com alguma variável indicativa de renda nos bairros; o Fluxo B2H se mostrou influenciado pela população residente, com este fluxo; e o Fluxo Total apresentou relação com o número de domicílios, empregos e grupos de classes de renda domiciliar.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

## URBAN FREIGHT TRIP GENERATION ANALYSIS

Beatriz Lagnier Gil Ferreira

June/2016

Advisor: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Department: Transportation Engineering

The movement of freight within urban areas is an essential to the functioning of cities, however, local authorities lack of knowledge on freight flows complicates the cities transport planning. On that note, it is important to develop studies that can assist in this gap of knowledge, since a better understanding of the factors that influence freight demand and its connection with land use, can help to provide the most accurate demand forecasts and better quantification of the impacts of freight traffic activity. Thus, the purpose of this work is to develop a procedure to analyze, using socioeconomic variables, freight trip generation in urban areas. Initially, a systematic review was conducted in order to identify explanatory variables often used in freight trip generation models, and analyze which of these could be used to assist in understanding freight flows in urban areas. Then, a procedure was developed and applied to the Greater Rio de Janeiro, through the use of linear regression method, in order to verify the existence of a relationship between socioeconomic variables and freight flows: B2B (business to business), B2H (business to household) and Total, obtained from Master Plan for Urban Transport. The results were statistically evaluated and it possible to conclude that the B2B flow is related to employment and an income related variables, either in terms of household income or average income of the population living in the studied area. B2H flow showed a strong relationship with population and also number households, employment and size of the studied area. Finally, the Total flow proved to be related to the number of households, employment, and ranks of household income.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA E MOTIVAÇÃO .....	2
1.2	PREMISSAS E HIPÓTESES .....	3
1.3	OBJETIVOS .....	3
1.4	ESTRUTURA.....	4
<b>2</b>	<b>PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>GERAÇÃO DE VIAGEM DE CARGA EM ÁREA URBANA .....</b>	<b>8</b>
3.1	MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS EM ÁREAS URBANAS .....	8
3.2	GERAÇÃO DE VIAGEM DE CARGA .....	11
3.2.1	Revisão sistemática de métodos e variáveis .....	13
3.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	28
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DE REGRESSÃO .....</b>	<b>29</b>
4.1	AJUSTE DO MODELO .....	30
4.2	TESTE DE SIGNIFICÂNCIA .....	31
4.3	ANÁLISE DOS RESÍDUOS .....	31
4.4	MULTICOLINEARIDADE.....	34
<b>5</b>	<b>PROCEDIMENTO PROPOSTO .....</b>	<b>36</b>
5.1	FASE 1 – PREPARAÇÃO .....	37
5.2	FASE 2 – EXECUÇÃO.....	37
<b>6</b>	<b>APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO.....</b>	<b>39</b>
6.1	FASE 1 – PREPARAÇÃO .....	40
6.2	FASE 2 – EXECUÇÃO.....	41
6.2.1	Fluxo B2B .....	43
6.2.2	Fluxo B2H .....	50
6.2.3	Fluxo Total .....	57
6.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	64
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Procedimento de revisão sistemática. ....	6
Figura 3-1: Resultado da revisão sistemática para variáveis dependentes. ....	25
Figura 3-2: Resultado da revisão sistemática de variáveis independentes. ....	26
Figura 3-3: Resultados da revisão sistemática para métodos matemáticos. ....	27
Figura 3-4: Corte geográfico dos estudos analisados na revisão sistemática. ....	28
Figura 4-1: Padrões para gráficos de resíduos. ....	33
Figura 5-1: Fluxograma do procedimento proposto. ....	36
Figura 6-1: Etapas da aplicação do método de regressão linear. ....	42
Figura 6-2: Gráfico do valor previsto <i>vs.</i> valor observado de B2B. ....	44
Figura 6-3: Gráfico do valor observado de LnB2B <i>versus</i> valor previsto pelo Modelo B2. .....	46
Figura 6-4: Valor previsto de LnB2B <i>vs.</i> valor observado pelo Modelo B3. ....	47
Figura 6-5: Gráficos do valor previsto de B2B (eixo y) <i>vs.</i> valor observado (eixo x), para os dados segmentados em grupos. ....	49
Figura 6-6: Gráfico de B2H observado <i>versus</i> previsto pelo Modelo H1. ....	51
Figura 6-7: Gráfico do valor observado <i>versus</i> valor previsto de $\sqrt{B2H}$ . ....	52
Figura 6-8: Valor observado <i>vs.</i> valor previsto de LnB2H. ....	54
Figura 6-9: Gráficos do valor previsto de $B2H$ (eixo y) <i>vs.</i> valor observado (eixo x), para os dados agrupados. ....	56
Figura 6-10: Valor p <i>vs.</i> valor observado para o fluxo Total. ....	58
Figura 6-11: Valor previsto <i>vs.</i> valor observado para $\sqrt{\text{Total}}$ . ....	59
Figura 6-12: Valor previsto <i>vs.</i> valor observado para LnTotal. ....	61
Figura 6-13: Gráficos do valor previsto de Total (eixo y) <i>vs.</i> valor observado (eixo x), para os dados agrupados. ....	63

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3-1: Etapas do Método Sequencial e seus respectivos resultados. ....	12
Quadro 3-2: Etapas da Atividade 0 do procedimento de revisão sistemática. ....	13
Quadro 3-3: Critérios para a revisão bibliográfica sistemática. ....	14
Quadro 3-4: Resultado da Etapa 2.2 da Revisão Sistemática. ....	16
Quadro 3-5: Categorias de síntese das variáveis dependentes. ....	22
Quadro 3-6: Categorias de síntese das variáveis independentes. ....	22
Quadro 3-7: Síntese dos resultados da revisão sistemática. ....	23
Quadro 6-1: Áreas e População residente dos municípios da RMRJ. ....	39
Quadro 6-2: Resumo dos critérios de avaliação dos modelos. ....	42
Quadro 6-3: Resultados da regressão do Fluxo B2B em função das variáveis Emprego e Classe C. ....	44
Quadro 6-4 Resultados da regressão do Fluxo B2B em função das variáveis transformadas Emprego e Classe C. ....	45
Quadro 6-5: Resultados da regressão com as variáveis transformadas LnB2B e LnCC. ....	46
Quadro 6-6: Resultado da regressão dos <i>clusters</i> de B2B. ....	48
Quadro 6-7: Resumo dos resultados das alternativas aplicadas ao Fluxo B2B. ....	49
Quadro 6-8: Resultados da regressão do Fluxo B2H em função da variável População. ....	50
Quadro 6-9: Resultados da regressão com as variáveis transformadas $\sqrt{B2H}$ e $\sqrt{Pop}$ . ....	52
Quadro 6-10: Resultados da regressão com as variáveis transformadas LnB2H e LnDom. ....	53
Quadro 6-11: Resultado da regressão dos <i>clusters</i> de B2H. ....	55
Quadro 6-12: Resumo dos resultados das alternativas aplicadas ao Fluxo B2H. ....	56
Quadro 6-13: Resultados da regressão com as variáveis Fluxo Total, Dom, Emp e CA. ....	58
Quadro 6-14: Resultados da regressão com as variáveis transformadas de Fluxo Total, Dom, Emp e CA. ....	59
Quadro 6-15: Resultados da regressão com as variáveis transformadas (Ln) de Fluxo Total e Dom. ....	60
Quadro 6-16: Resultado da regressão dos <i>clusters</i> de Total. ....	62
Quadro 6-17: Resumo dos resultados das alternativas aplicadas ao Fluxo Total. ....	63
Quadro 6-18: Fluxos de carga estudados e variáveis que os explicam, segundo resultados da aplicação do procedimento. ....	65

# 1 INTRODUÇÃO

As áreas urbanas são compreendidas como grandes mercados de produção e consumo, sendo a movimentação de carga parte integrante deste mercado. O transporte de carga é essencial para as cidades, pois as abastece de suprimentos necessários a qualidade de vida dos seus habitantes (DABLANC, 2007; MACHARIS E MELO, 2011; OLIVEIRA E OLIVEIRA, 2016).

O transporte urbano de carga (TUC) disponibiliza mercadorias aos setores econômicos, servindo à indústria e às atividades de comércio, e as coleta, após seu uso, sob a forma de resíduos. Sua operação impacta diretamente a economia de uma região, tanto em termos de geração de renda, como de criação e manutenção de empregos (ALLEN *et al.*, 2000; GONZALEZ-FELIU, SEMET E ROUTHIER, 2014; OECD, 2003).

O TUC é uma atividade complexa e heterogênea, resultante de decisões logísticas que buscam movimentar mercadorias de forma eficiente dentro de um sistema de produção e distribuição. Sua eficiência e eficácia são condições necessárias para a competitividade econômica, contudo, por mais que a diminuição de custos e de tempos de viagem melhorem o desenvolvimento econômico e social de uma região, a atividade ainda exerce um impacto significativo sobre o sistema viário urbano (HOLGUIN-VERAS *et al.*, 2012; LAWSON *et al.*, 2012; MACHARIS E MELO, 2011).

O crescimento econômico geralmente é acompanhado por um aumento desproporcional do tráfego de mercadorias e, conseqüentemente, de veículos de carga em áreas urbanas e metropolitanas. Assim sendo, há uma tendência em aumentar congestionamentos, poluição do ar, ruído e riscos de acidentes, além de aumentar os custos logísticos, que afetam diretamente os preços dos produtos (IDING, MEESTER E TAVASSZY, 2002; MACHARIS E MELO, 2011).

Verifica-se, atualmente, que as autoridades locais não detêm conhecimento sobre a dinâmica do fluxo de cargas em seu território e, desta forma, não são capazes de estabelecer medidas que minimizem o impacto do transporte de carga no ambiente urbano (BINSBERGEN E VISSER, 2001; DABLANC, 2007; MARRA, 1999). Além disso, constata-se que as autoridades possuem pouco interesse em preencher essa lacuna,

constantemente focando no transporte de passageiros e desconsiderando a atividade de carga (MACHARIS E MELO, 2011; WOUDSMA, 2001).

Diante disso, destaca-se a necessidade da realização de pesquisas que auxiliem no entendimento dos fluxos de carga, de forma a dar suporte ao setor de planejamento de transportes, possibilitando adoção de políticas mais adequadas para minimizar o impacto causado pelo TUC.

Modelos de projeção de demanda podem auxiliar nesta questão, pois utilizam ferramentas matemáticas para verificar a relação entre o transporte e as características de uma região. Mais especificamente, tem-se os modelos de geração de viagens, que visam estimar o número total de viagens produzidas (originadas na zona de tráfego em estudo) e viagens atraídas (aquelas cujo destino é a zona de tráfego) em uma região, com base em variáveis que refletem características da mesma, atentando à dinâmica do espaço urbano e observando, sobretudo, as atividades desenvolvidas na região e os principais eixos de deslocamentos (GASPARINI, 2008; LAWSON *et al.*, 2012).

## **1.1 PROBLEMA DE PESQUISA E MOTIVAÇÃO**

A geração de viagens é um fator crucial no processo de planejamento urbano, pois está relacionada com a previsão da quantidade de carga movimentada (traduzidas em volume ou valor de carga) ou de veículos de carga em circulação, sendo um importante dado de entrada para muitas análises e processos de tomada de decisão (DAISA *et al.*, 2013).

Sendo assim, a motivação para realização desta dissertação é a fazer uso da modelagem de geração de viagens para auxiliar no entendimento dos fluxos de carga em área urbana, buscando uma resposta ao seguinte problema de pesquisa: O que influencia a geração de viagens de carga em áreas urbanas?

Ao realizar este estudo, espera-se contribuir com a redução no *gap* de conhecimento em geração de viagens de carga em áreas urbanas existente, possibilitando um melhor entendimento dos fatores que afetam a demanda por transporte de carga, e gerando informações importantes para auxiliar as tomadas de decisões por parte de planejadores de transportes.

Para isso, pretende-se elaborar um procedimento capaz de analisar os fluxos de carga em uma área urbana, verificando a existência, ou não, de uma relação entre os fluxos e características regionais, visando responder se há de fato algum fator que explique a geração de viagens de carga.

## **1.2 PREMISSAS E HIPÓTESES**

Considerando que o foco desta dissertação é estudar a geração de viagens de carga, adota-se a premissa de que o Método Sequencial de Quatro Etapas pode ser aplicado ao transporte urbano de carga. Esta premissa se justifica pelo fato de a modelagem trabalhar com todos os produtos que geram movimentos em uma região o que impossibilita a análise por gerenciamento da cadeia de suprimento de cada produto.

Além disso, para elaborar o procedimento de análise, adota-se, também, a premissa de que existem dados de fluxo de carga da área em estudo, e que estes estão disponíveis ao público.

Esta dissertação tem como hipótese principal que o transporte de carga em área urbana está relacionado com as características socioeconômicas da mesma. Como hipótese secundária, tem-se que o método estatístico de regressão pode ser aplicado no estudo da geração de viagens.

## **1.3 OBJETIVOS**

O objetivo principal desta dissertação é analisar a geração de viagens de cargas em áreas urbanas por meio de variáveis socioeconômicas, com intuito de apoiar o planejamento de transportes, gerando informações para auxiliar as tomadas de decisões.

Os objetivos específicos são:

- Identificar, na literatura, possíveis variáveis que expliquem a geração de viagens de carga em áreas urbanas;
- Relacionar as ferramentas matemáticas com potencial de explicar e analisar a geração de viagens;
- Elaborar um procedimento para analisar a geração de viagens de cargas em áreas urbanas

- Analisar se a geração de viagens de carga na RMRJ pode ser explicada por características socioeconômicas da região.

#### **1.4 ESTRUTURA**

A partir deste capítulo introdutório, esta dissertação se divide em 7 capítulos, a começar pelo Capítulo 2, que expõe o procedimento metodológico empregado nesta dissertação. Em seguida, o Capítulo 3 realiza uma revisão bibliográfica narrativa acerca de conceitos de movimentação de cargas em áreas urbanas, e uma revisão sistemática cujo objetivo é identificar as variáveis que têm sido utilizadas em estudos de geração de viagens presentes na literatura nacional e internacional.

O Capítulo 4 realiza uma breve revisão de conceitos sobre Análise de Regressão e sobre métodos de avaliação de resultados obtidos em regressões lineares.

Já o Capítulo 5 descreve o procedimento proposto para analisar a geração de viagem de carga em áreas urbanas. O Capítulo 6 dedica-se a aplicar o procedimento para o caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), cujos resultados são expostos e analisados no mesmo.

Por fim, o Capítulo 7 promove as conclusões do estudo e realiza sugestões para estudos futuros.

## 2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para a realização desta dissertação, se fez necessário, primeiramente, entender conceitualmente a movimentação de cargas em áreas urbanas e a geração de viagens de carga. Para suprir essa necessidade, conduziu-se uma revisão bibliográfica narrativa, exposta no Capítulo 3, que estabeleceu os conceitos necessários para o desenvolvimento do estudo.

Em sequência, com o intuito de atingir os objetivos específicos deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática para identificar os métodos matemáticos e variáveis empregados em modelos de geração de viagens presentes na literatura nacional e internacional.

A revisão sistemática consiste em um meio de identificar, avaliar e interpretar um grande número de pesquisas disponíveis relevantes para uma determinada questão de pesquisa (KITCHENHAM E CHARTERS, 2007). Ela se destaca por ser realizada de maneira estruturada, seguindo uma sequência de etapas que permitem retirar informações necessárias a pesquisa, em grandes quantidades.

O procedimento seguido para a realização da revisão sistemática, ilustrado na Figura 2-1, é composto de quatro eixos atividades que se inicia na Atividade 0, que constitui uma fase preliminar de estruturação da revisão, onde se caracteriza o problema de pesquisa, se formulam as hipóteses, adotam-se premissas e estabelecem-se os objetivos do trabalho.

A Atividade 1 representa o planejamento da revisão, sendo o momento em que de fato se dá início à revisão sistemática. A primeira etapa desta atividade, Etapa 1.1, consiste na identificação da necessidade de revisão, em que se atenta aos objetivos do trabalho para determinar as razões pelas quais deve ser feita a revisão sistemática.

Em seguida, na Etapa 1.2, elaboram-se a proposta da revisão, estabelecendo os objetivos da revisão e especificando o que de fato será procurado nos trabalhos consultados. Por fim, na Etapa 1.3, desenvolve-se o protocolo da revisão, estipulando critérios de identificação de trabalhos, detalhando a forma como os trabalhos serão coletados, qual a base de dados a ser consultada, palavras-chaves utilizadas na busca e o local de busca no texto, e tipos de trabalhos procurados. Além disso, são estabelecidos critérios de seleção, inclusão e

exclusão dos trabalhos, de modo a filtrar o conteúdo encontrado e atender à necessidade da revisão.

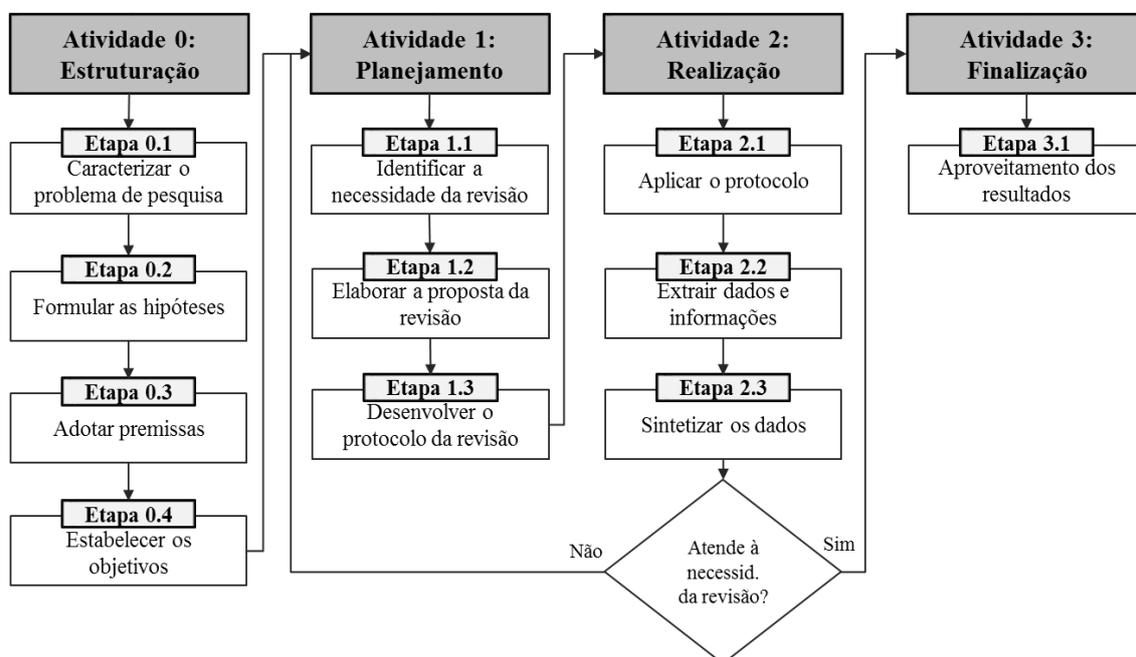


Figura 2-1 Procedimento de revisão sistemática.  
Fonte: Adaptado de Kitchenham e Charters (2007).

Na Atividade 2 tem-se a realização de fato da revisão, em que se põe em prática o protocolo, na Etapa 2.1, de modo a criar um conjunto de trabalhos potencialmente importantes para o estudo, atentando aos critérios de identificação, seleção e inclusão estabelecidos no protocolo.

Os trabalhos incluídos são consultados e extraem-se dados e informações necessários para cumprir a proposta da revisão, que posteriormente serão sintetizados como forma de simplificar a análise dos resultados.

Em seguida, deve ser feita uma avaliação dos resultados com o objetivo de verificar se as necessidades da revisão foram atingidas e se os dados extraídos são suficientes para captar o estado da arte do tema estudado.

Caso não seja possível verificar o atendimento às necessidades da revisão, deve-se retornar à Etapa 1.3 e revisar os critérios do protocolo, realizando ações que direcionem melhor a revisão, como por exemplo: estipular novas palavras-chave, escolher base de dados diferentes, alterar os critérios de inclusão e exclusão etc.

Caso contrário, dá-se continuidade ao procedimento, dando início à Atividade 3, que representa o aproveitamento dos resultados da revisão, seja como parte integrante da dissertação, tese, artigo etc.

Para o caso desta dissertação, a revisão permitiu atingir os objetivos específicos do trabalho, servindo para identificar as variáveis e os métodos que poderiam ser aplicados no procedimento proposto (exposto no Capítulo 5).

Ademais, em função desta dissertação adotar a hipótese de que o método estatístico de regressão pode ser aplicado ao estudo da geração de viagens, foi considerado essencial a realização de uma revisão conceitual método e dos seus critérios de avaliação, que compôs o Capítulo 4 e permitiu garantir a validade da aplicação do procedimento.

### **3 GERAÇÃO DE VIAGEM DE CARGA EM ÁREA URBANA**

Este capítulo tem por objetivo conceituar a movimentação de cargas em áreas urbanas, caracterizando a sua importância no cenário econômico das cidades.

Procura-se conceituar a geração de viagens e, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, identificar na literatura as variáveis utilizadas para explicar a geração de viagens de carga.

#### **3.1 MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS EM ÁREAS URBANAS**

A movimentação de cargas urbanas, para OECD (2003), envolve a entrega de bens de consumo em áreas urbanas e o fluxo reverso de bens usados, sob a forma de resíduos, desempenhando as atividades tanto de distribuição como de coleta.

Russo e Comi (2010) reforçam esta teoria ao definir que “o transporte de mercadorias em áreas urbanas e metropolitanas diz respeito à coleta e entrega de serviços de varejo, encomendas e de correio, transporte de resíduos, transporte de equipamentos para a indústria de construção e uma ampla gama de outros tipos de transporte”.

Para Holguin-Veras *et al.* (2012), atividade de transporte de mercadorias representa a atividade econômica em movimento, visto que na maioria dos casos, as transações monetárias são acompanhadas por um fluxo de mercadorias no sentido oposto. Para facilitar o entendimento, os autores utilizam o conceito de uma ligação Produção-Consumo (PC), que representa a transação que conecta a produção de carga com o seu consumo subsequente, podendo estar sob a forma de consumidor final ou intermediário, que utiliza a carga como suprimento para uma nova ligação PC.

Em essência, uma cadeia de suprimentos típica é composta de muitas ligações PC, onde um agente econômico produz carga que outros agentes processam, armazenam e entregam aos consumidores finais ou intermediários (HOLGUÍN-VERAS *et al.*, 2012).

O transporte urbano de carga, contribuindo significativamente para o processo de distribuição de bens aos consumidores finais, desempenha um papel essencial na manutenção das funções urbanas relacionadas com o comércio e a vida social em termos

de poder econômico, qualidade de vida, acessibilidade e atratividade de uma cidade. (CROCCO *et al.*, 2010).

A operação do transporte urbano de carga lida com diversos grupos ou indivíduos que, por meio de suas decisões, influenciam, direta ou indiretamente, nas características do sistema. São eles (FACCHINI, 2006; OECD, 2003; WOUDSMA, 2001):

- **Iniciativa privada (produtores, fornecedores e transportadores):** Produtores e fornecedores possuem a função de suprir o mercado, ou seja, abastecer os estabelecimentos comerciais com mercadorias. Para isso, normalmente utilizam empresas transportadoras, que tem como função o transporte de bens dos fornecedores até o ponto de consumo (FACCHINI, 2006).

Estão sobre uma ótica da efetividade econômica, com objetivo de reduzir os custos da operação e aumentar o nível de serviço. Para atingir seus objetivos necessitam de acessibilidade, infraestrutura viária adequada para as operações de transporte, mercado atrativo e rentabilidade (GONZALEZ-FELIU, SEMET E ROUTHIER, 2014; OECD, 2003)

- **Poder público (planejadores de transporte e autoridades locais):** São responsáveis pela divisão dos espaços urbanos, pelas regulamentações e pela fiscalização de todas as atividades da região. Tais atividades englobam o transporte de carga e o transporte coletivo e privado de passageiros (FACCHINI, 2006).

O objetivo deste setor é garantir a qualidade de vida dos habitantes, a fluidez do tráfego e a sua segurança, minimizando o nível de insatisfação dos habitantes sobretudo quanto à sua mobilidade, dando maior foco à busca por soluções para o transporte de passageiros (FACCHINI, 2006; GONZALEZ-FELIU, SEMET E ROUTHIER, 2014; MCKINNON *et al.*, 2010).

- **Receptores (varejistas e atacadistas):** São os estabelecimentos comerciais que disponibilizam os bens aos consumidores, sendo diretamente dependentes dos produtores, fornecedores e transportadores. Para eles, é essencial o fácil acesso ao ambiente de compras, a atratividade e a segurança da região (FACCHINI, 2006).
- **Habitantes (consumidores e moradores):** Os consumidores são os responsáveis pela demanda por bens e serviços. Eles necessitam de boa acessibilidade aos locais de compra e estacionamento nesses locais. Já os moradores dão mais importância à

redução das perturbações no tráfego da região e dos efeitos negativos da poluição ambiental e sonora (FACCHINI, 2006).

A movimentação urbana de cargas é realizada quase completamente pelo modo rodoviário, com viagens curtas, com múltiplas paradas, que normalmente começam ou terminam no armazém. Na maioria dos casos, são utilizados caminhões pequenos em viagens destinadas a estabelecimentos orientados ao consumidor (por exemplo, varejo, alimentos) que tipicamente têm maiores restrições para o espaço de armazenamento. Como consequência do tráfego intenso de caminhões pequenos, a atividade de transporte de carga impacta diretamente no congestionamento do sistema viário (OGDEN, 1992; HOLGUÍN-VERAS *et al.*, 2012).

De acordo com Giuliano (2013), os problemas atuais do transporte de carga são consequência direta do aumento da quantidade de fluxos de mercadorias nas cidades. Esse aumento, por sua vez, é resultado de uma variedade de fatores, o primeiro dos quais é o crescimento da população e do número de empregos. O segundo fator é a globalização, que aumentou o fluxo de mercadorias devido à dispersão da produção por vários locais ao redor do mundo. O terceiro fator associa a demanda por maior variedade de produtos com a redução do tamanho dos estoques nas lojas, resultando em entregas cada vez mais frequentes. Em quarto lugar, em função dos altos custos de terrenos dentro das cidades, as facilidades logísticas, como centros de armazenagem e distribuição, têm sido movidas para a periferia das cidades, aumentando os fluxos diários de entrada de carga nas áreas urbanas. Finalmente, o avanço do *e-commerce* (compras feitas pela internet) tem contribuído com o aumento dos fluxos de mercadorias dentro das cidades, por meio da movimentação de carga diretamente para os domicílios dos consumidores.

Considerando que a capacidade viária das cidades é limitada, assim como o número de vagas de estacionamento e áreas de carga e descarga, a operação do transporte de carga acentua congestionamentos e atrapalhar a circulação de veículos. Além disso, competem pelo espaço urbano com os fluxos de passageiros e, à medida que os problemas se agravam, os gestores das cidades acentuam sua visão de que a atividade é algo negativo, que deve ser banido, ou então, severamente regulado. Isso se traduz na adoção de regulamentações restritivas sobre o transporte de carga, sendo janelas de horários e proibições de circulação, as mais praticadas (DABLANC, 2007; GIULIANO, 2013; GONZALEZ-FELIU, SEMET E ROUTHIER, 2014; OECD, 2003)

As cidades precisam de cargas, mas tendem a ignorar este tipo particular de transporte urbano. O transporte de mercadorias, apesar de fornecer milhares de empregos e serviços necessários para a economia urbana, tem sido negligenciado em pesquisas e modelos de transportes e no planejamento urbano das cidades (MACHARIS E MELO, 2011).

Nesse contexto, o que se observa é que as cidades ainda não encontraram uma solução adequada para minimizar o impacto do transporte de carga no espaço urbano, pois ainda não sabem como as cargas se movimentam em seu território e, por consequência, não conseguem visualizar como deve ocorrer a atividade do TUC, muito menos como as dificuldades devem ser tratadas (BINSBERGEN E VISSER, 2001; DABLANC, 2007)

### **3.2 GERAÇÃO DE VIAGEM DE CARGA**

Para poder implementar políticas públicas eficientes, as autoridades locais precisam, primeiramente, compreender o fluxo de cargas no espaço urbano, e modelos de planejamento de transportes constituem ferramentas úteis no auxílio ao entendimento do comportamento desses fluxos.

A área de planejamento de transportes visa adequar a oferta de transporte com a demanda existente ou futura de uma região, realizando um equacionamento adequado dos sistemas de transportes. Para isso, é necessário realizar uma estimativa da demanda, sem a qual não é possível definir a medida mais apropriada a ser implantada (CAMPOS, 2013; LOPES, 2005)

A estimativa da demanda pode ser feita por meio de modelos de projeção com base em métodos matemáticos, que procuram identificar o comportamento desta e desenvolver, avaliar e testar planos alternativos mais realísticos, bem como facilitar o entendimento de fatores que influenciam o desenvolvimento do uso do solo, podendo, assim, definir alternativas que melhor se adaptem à realidade da região em estudo (GONÇALVES, 1992; MARRA, 1999; NUZZOLO, CRISALLI E COMI, 2011).

Na análise de demanda de viagens, a área de estudos é frequentemente segmentada em diversas zonas de tráfego e cada uma delas representa unidades espaciais nas quais os dados são agregados (LOPES, 2005), sendo base para aplicação dos modelos de previsão de demanda.

Dentre os modelos existentes, o mais empregado no planejamento de transportes é o Método de Sequencial de Quatro Etapas (ou Modelo de Quatro Etapas), que se baseia nas relações do transporte com as características socioeconômicas da região, desenvolvendo uma sequência de análise que representa um processo de tomada de decisão condicional. As etapas do método, e seus respectivos resultados, são apresentados no Quadro 3-1 (CAMPOS, 2013; GONÇALVES, 1992; MAGALHÃES, 2008; MARRA, 1999; NUZZOLO, CRISALLI E COMI, 2011)

Quadro 3-1: Etapas do Método Sequencial e seus respectivos resultados.

<b>Etapas</b>	<b>Resultados</b>
<b>Geração de viagens</b>	Total de produções e atrações nas zonas em um horizonte de tempo
<b>Distribuição de viagens</b>	Número de viagens entre as zonas em um horizonte de tempo
<b>Divisão modal</b>	Fluxos entre as zonas por modo de transporte, em um horizonte de tempo
<b>Alocação de viagens</b>	Fluxos entre as zonas, por modo de transporte, em um horizonte de tempo, utilizando determinadas rotas disponíveis na rede de transportes.

Fonte: Adaptado de Magalhães (2008)

A primeira etapa, Geração de Viagens, foco deste estudo, objetiva estimar o número total de viagens produzidas (originadas na zona de tráfego) e viagens atraídas (aquelas cujo destino é a zona de tráfego), sem necessariamente se importar com as conexões entre origens e destinos. Desta forma, a geração de viagens é traduzida como a soma entre a produção e atração de viagens em uma mesma zona (CAMPOS, 2013; LOPES, 2005).

Nessa etapa são empregados métodos matemáticos que relacionam um indicador de viagens geradas (variável dependente) e os vários fatores que influenciam estas viagens (variáveis independentes ou explicativas) fornecendo, desta forma, as estimativas relevantes à área de planejamento de transportes (CAMPOS, 2013).

No transporte rodoviário de carga, as viagens geradas podem ser estimadas em termos de número de viagens, veículos ou entregas, ou então quantidade de carga transportada (toneladas ou valor da carga), em que se admite que a demanda por cargas depende da demanda por mercadorias, sendo as viagens dos veículos meramente um suprimento desta demanda. A escolha pelo tipo de modelo a ser adotado depende não só dos objetivos do planejador, mas também da disponibilidade e consistência de dados (MARRA, 1999; KULPA, 2014).

De acordo com Kulpa (2014), a maioria de estudos de geração de viagens utiliza os métodos de taxas de viagens e regressão múltipla, tanto para modelos com base em veículos como quantidade de carga. Em relação as variáveis explicativas, o autor coloca que as principais a serem usadas são: número de habitantes, número de funcionários e número de veículos em uma zona de tráfego.

Com intuito de verificar quais variáveis e modelos matemáticos têm sido mais utilizados na literatura nacional e internacional, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática, cuja metodologia e resultados são apresentados na próxima seção.

### 3.2.1 Revisão sistemática de métodos e variáveis

A revisão sistemática foi realizada seguindo o procedimento ilustrado na Figura 2-1. A etapas da aplicação do procedimento são descritas nesta seção, com início na Atividade 0 de estruturação da pesquisa.

#### Atividade 0 – Estruturação

O Quadro 3-2 detalha as etapas de estruturação do trabalho, que compõe a Atividade 0, resumindo o problema de pesquisa, hipóteses, premissas e objetivos deste trabalho.

Quadro 3-2: Etapas da Atividade 0 do procedimento de revisão sistemática.

<b>Etapa 0.1</b>	<b>Caracterizar o problema de pesquisa:</b> O que pode influenciar a geração de viagens de carga em áreas urbanas?
<b>Etapa 0.2</b>	<b>Formular as hipóteses:</b> Variáveis socioeconômicas podem ser usadas para explicar a geração de viagem de carga em área urbana. O método de regressão pode ser aplicado em modelos de geração de viagem.
<b>Etapa 0.3</b>	<b>Adotar premissas:</b> O Método sequencial pode ser utilizado em estudos em áreas urbanas.
<b>Etapa 0.4</b>	<b>Estabelecer objetivos:</b> Encontrar trabalhos que estudem modelos de geração de viagens; Coletar informações sobre as variáveis utilizadas; Relacionar as ferramentas matemáticas empregadas.

#### Atividade 1 – Planejamento

##### ➤ **Etapa 1.1: Identificação da necessidade de revisão**

Considerando os objetivos deste trabalho, esta revisão se faz necessária para encontrar quais métodos e variáveis tem sido utilizados em modelos de geração de viagens de carga, auxiliando a escolha desses para aplicação no procedimento elaborado.

➤ **Etapa 1.2: Elaborar a proposta de revisão**

O objetivo desta revisão sistemática vai de encontro aos objetivos da dissertação, sendo este: encontrar trabalhos nacionais e internacionais que forneçam informações acerca de métodos matemáticos, variáveis dependentes e independentes que são utilizados em modelos de geração de viagem de carga. Pretende-se, também, validar, ainda que preliminarmente, a hipótese de que variáveis socioeconômicas podem ser empregadas na análise de geração de viagem de carga e de que o método de regressão pode ser aplicado nesta.

➤ **Etapa 1.3: Desenvolver o protocolo da revisão**

A realização desta revisão se baseou em critérios de identificação, seleção, inclusão e exclusão, como exposto no Quadro 3-3.

Quadro 3-3: Critérios para a revisão bibliográfica sistemática.

<b>1. Identificação</b>	<b>Banco de Dados:</b> <i>Science Direct, Google Acadêmico, Research Gate</i> , Instituições internacionais e anais de congressos <b>Palavras-chave:</b> Geração de viagens de carga, Modelos de geração de viagem, <i>Freight generation, Freight trip generation, Freight trip generation model, Truck trip generation model, trip generation models</i> entre outros <b>Tipos de trabalho:</b> Periódicos científicos, relatórios técnicos, livros, teses, dissertações <b>Local de busca no texto:</b> Título, resumo ou palavras chaves
<b>2. Seleção</b>	<b>Abordagem temática:</b> Modelos de geração de viagens; Transporte de carga
<b>3. Inclusão</b>	Trabalhos com modelagem matemática e apresentação de variáveis
<b>4. Exclusão</b>	Trabalhos sem modelos matemáticos e trabalhos de revisão bibliográfica

Para identificação dos trabalhos, foram consultadas as bases de dados: *Science Direct*, *Google Acadêmico*, Periódico CAPES, *Research Gate* e sites de instituições internacionais (TRB - *Transportation Research Board*, ITE – *Institute of Transportation Engineers*, entre outros). Foram utilizados os seguintes critérios:

- Palavras-chave: geração de viagens de carga, modelos de geração de viagem, *freight generation, freight trip generation, freight trip generation model, truck trip generation model, trip generation models, urban freight trip generation, urban freight model*, entre outros.
- Local de busca no texto: Título, resumo ou palavras chaves;

- Tipos de trabalho: Periódicos científicos, relatórios técnicos, livros, teses, dissertações.

Também se utilizou os operadores booleanos “ou” e “e”, possibilitando assim, a combinação dos critérios de identificação dos trabalhos. Não foram adotados critérios de delimitação geográfica ou temporal para assim não restringir por demais o escopo da revisão.

Para seleção dos trabalhos, foram considerados critérios relacionados somente à abordagem temática, em que os selecionados tratavam especificamente de modelos de geração de viagem e consideravam o transporte rodoviário de carga.

Por fim, eram incluídos na tabela de revisão aqueles que apresentavam modelos matemáticos e especificavam as variáveis utilizadas, e eram excluídos trabalhos que não apresentavam os modelos, ou trabalhos de revisão bibliográfica.

## **Atividade 2 – Aplicação**

### **➤ Etapa 2.1: Aplicar o protocolo de revisão**

Como resultado deste método, obtiveram-se 119 trabalhos identificados, 89 selecionados e 48 incluídos, sob os quais foram extraídos os dados para a revisão.

### **➤ Etapa 2.2: Extrair dados e informações**

Dos 48 trabalhos incluídos na revisão, foram extraídas informações referentes às variáveis dependentes e independentes, métodos matemáticos, corte geográfico do estudo, e nível de análise (se era feita em função de características regionais ou de estabelecimentos/setores de atividade). Os resultados da revisão se encontram no Quadro 3-4.

Quadro 3-4: Resultado da Etapa 2.2 da Revisão Sistemática.

Referência	Var. dependentes	Var. independentes	Métodos matemáticos	Corte geográfico	Nível de análise
<b>Al-Battaineh e Kaysi (2005)</b>	Total de atrações zonais e produções de cada mercadoria em valor	Emprego por setor da indústria; população; Demanda final do tipo de mercadoria	Input-Output	Metropolitano/Regional	Regional
<b>Al-Battaineh e Kaysi (2007)</b>	Total de atrações zonais e produções de cada mercadoria em valor	Emprego industrial; população; Demanda final do tipo de mercadoria	Input-Output	Regional Estadual	Regional
<b>Al-Deek (2001)</b>	Número de veículos	Número de containers importados e exportados	Regressão Linear Redes Neurais	PGV	-
<b>Alho e Silva (2014)</b>	Número de entregas semanais por estabelecimento	Número de empregados; área do estabelecimento; área do depósito	Regressão Linear Regressão logarítmica modelos lineares generalizados	Urbano	Estabelecimento
<b>Allen (2002)</b>	Número de viagens de caminhões	Número de empregos por setor; Número de residências.	Regressão Linear	Metropolitano/Regional	Regional
<b>Barone, Crocco e Mongelli (2014)</b>	Volume de carga	Superfície dedicada à venda de frutas e legumes; distância entre varejo e fornecedor; intervalo de tempo entre as encomendas e as entregas; número de veículos utilizados para a entrega; fator de carga do veículo utilizado para a entrega; número de fornecedores; número de entregas em uma semana;	Regressão Linear	Urbano	Estabelecimento
<b>Bastida e Holguín-Veras (2009)</b>	Número de entregas	Número de motoristas de caminhão; número de vendas por ano; número de empregados; tipo de mercadoria; Número de veículos na frota; segmento	Regressão Linear Taxa de viagens Análise de classificação múltipla	Metropolitano/Regional	Regional Estabelecimento

Referência	Var. dependentes	Var. independentes	Métodos matemáticos	Corte geográfico	Nível de análise
		da indústria; número de caminhões na frota; código SIC; linha de negócios; Tipo de mercadoria recebida			
<b>Beagan, Fischer e Kuppam (2007)</b>	Volume de carga	População; emprego; tipos de emprego e variáveis <i>dummy</i> representando meios de movimentação de carga especial	Regressão Linear Input-Output	Metropolitano/Regional	Regional
<b>Brogan, Brich e Demetsky (2002)</b>	Volume de carga	População; Emprego por setor; Emprego total; Tamanho da cidade/região; Renda per capita; Densidade populacional; Demanda elétrica diária Capacidade elétrica (kW); Toneladas de carvão/kW	Regressão linear	Estadual	Regional
<b>Cambridge Systematics (1996)</b>	Viagens de caminhões	Emprego; Área construída	Taxa de viagem Regressão Linear	Urbano	Regional
<b>Campos e Melo (2004)</b>	Número de viagens	Área construída de cada estabelecimento; Frota operacional da empresa; Número médio de estabelecimentos visitados	Regressão Linear	Urbano	Estabelecimento
<b>Cantillo, Jaller e Holguín-Veras (2014)</b>	Volume de carga	População; PIB; Área cultivada; Quantidade de animais	Regressão Linear Taxa de geração	Nacional	Regional
<b>Chu (2011)</b>	Número de viagens	TEU; PIB; Percentagem de variação dos preços do petróleo	Regressão logarítmica; Redes neurais	PGV	-
<b>Crocco et al. (2010)</b>	Volume de carga	População residente; Número de domicílios	Regressão linear	Urbano	Regional
<b>Ebias (2014)</b>	Número diário de viagens	Área; Número de funcionários; Número de dias de funcionamento	Regressão linear	Urbano	Estabelecimento
<b>Fischer, Ang-Olson e La (2000)</b>	Viagens de caminhões	Emprego; Uso do Solo; Dados do estabelecimento comercial; Fluxos de mercadorias; Área do Terreno	Input-Output	Metropolitano/Regional	Regional
<b>Gasparini (2008)</b>	Volume de veículos na semana	Vagas de estacionamentos; volume médio de clientes; número de	Regressão Linear	PGV	Estabelecimento

Referência	Var. dependentes	Var. independentes	Métodos matemáticos	Corte geográfico	Nível de análise
		funcionários; área construída; volume médio de clientes			
<b>Giuliano et al. (2010)</b>	Atrações e produções de mercadorias (em valor)	Importação e exportação nacional; Importação e exportação doméstica; Oferta total da mercadoria; Importação total; Emprego; Valor da mercadoria; Consumo familiar da mercadoria; Demanda final não associadas com famílias	Input-Output Regressão	Regional	Regional
<b>Holguín-Veras et al. (2011)</b>	Número de veículos Número de entregas	Emprego; número de estabelecimentos	Regressão linear Taxa de viagens	Metropolitano/Regional	Estabelecimento
<b>Holguín-Veras et al. (2012)</b>	Número de viagens Volume de carga	Fluxos de mercadorias; Emprego; uso do solo	Regressão Linear Taxa de viagens Análise de classificação múltipla	Urbano Regional	Regional/Estabelecimento
<b>Holguín-Veras et al. (2013)</b>	Viagens atraídas	Variáveis binárias que representam as localizações de lojas; número de empregados	Regressão linear	Metropolitano/Regional	Estabelecimento
<b>Holguín-veras, López-Genao e Salam (2002)</b>	Número de viagens	Número de TEUs; Número de caixas; Área do terminal; Número de berços de contêiner	Regressão Linear Taxa de viagem	PGV	Estabelecimento
<b>Ibeas et al. (2012)</b>	Volume de carga	Número total de empregados; funcionários varejistas; população residente	Regressão linear	Metropolitano/Regional	Regional Estabelecimento
<b>Iding, Meester e Tavasszy (2002)</b>	Número de viagens	Área da empresa Número de empregados	Regressão Linear	Nacional	Estabelecimento
<b>ITE (2008)</b>	Número de viagens	Área; Emprego; Uso do solo	Taxa de Viagens	Urbano Regional PGV	Regional/Estabelecimento

Referência	Var. dependentes	Var. independentes	Métodos matemáticos	Corte geográfico	Nível de análise
<b>Jaller, Sánchez-Díaz e Holguín-Veras (2015)</b>	Número de viagens	Emprego	Regressão Linear Taxa de viagens	Metropolitano/Regional	Estabelecimento
<b>Kawamura <i>et al.</i> (2008)</b>	Frequência de entregas	Empregados; população com alta renda; renda média; vendas; densidade populacional; população com baixa renda; idade média; renda total	Regressão logística binomial	Urbano	Estabelecimento
<b>Klodzinski <i>et al.</i> (2004)</b>	Número de veículos	Contêineres importados diariamente; média importada barris mensais; volume (t) importado e exportado diário	Redes Neurais	PGV	-
<b>Kulpa, 2014)</b>	Viagens de caminhões pesados por dia	Número de habitantes; Emprego por setor; Emprego total; número de empresas; Número de empresas por setor	Taxa de viagem Regressão Linear	Urbano Rural	Regional
<b>Lawson <i>et al.</i> (2012)</b>	Número de entregas por estabelecimento	Total de empregos por estabelecimento; Uso do solo	Taxas de geração de viagem Regressão Linear Análise de classificação múltipla	Urbano	Estabelecimento
<b>Marra (1999)</b>	Volume de mercadorias	Área de imóveis; número de moradores; número de empregados renda média	Regressão linear; logarítmica; potenciais; exponenciais e polinomiais	Urbano	Regional Estabelecimento
<b>McCormack <i>et al.</i> (2010)</b>	Viagens de caminhões	Emprego; área; renda familiar média; Densidade residencial; domicílios	Regressão linear	PGV	Regional Estabelecimento
<b>Muñuzuri <i>et al.</i> (2010)</b>	Número de viagens	Número de varejistas; número médio de entregas recebidas diariamente; número de veículos de entrega; população; Número de varejistas que fazem entregas ao domicílio; número médio de veículos utilizados para entregas ao domicílio	Regressão ponderada	Urbano	Regional Estabelecimento

Referência	Var. dependentes	Var. independentes	Métodos matemáticos	Corte geográfico	Nível de análise
<b>Muñuzuri et al. (2012)</b>	Número de veículos	População na zona; Número médio de veículos para entregas domiciliares; Número de entregas diárias por veículo	Média ponderada	Urbano Metropolitano	Regional/Estabelecimento
<b>Novak et al. (2011)</b>	Número de viagens	Emprego; Influência do porto; Comprimento da <i>highway</i>	Análise de Classificação Múltipla Regressão Linear Regressão Espacial	Nacional	Regional
<b>Nuzzolo e Comi (2014)</b>	Volume de carga	Número de empregados; Tamanho médio da entrega; número de estabelecimentos varejistas	Regressão linear Modelos lineares generalizados Modelo logístico multinomial	Metropolitano/Regional	Regional/Estabelecimento
<b>Ogunsanya (1984)</b>	Volume de carga	População; índice de uso do solo; Volume de mercadorias; Volume da demanda de carga zonal; Tamanho da zona geradora.	Regressão linear Regressão logarítmica	Urbano	Regional
<b>Orsini et al. (2009)</b>	Número de veículos	Número de portas nas docas; número de empregados; área	Regressão linear Análise de classificação múltipla	PGV	Estabelecimento
<b>Russo e Comi (2002)</b>	Volume de carga	Número médio de moradores na zona; número médio de famílias que vivem em cada zona;	Taxa de viagem	Urbano	Regional
<b>Sánchez-Díaz, Holguín-Veras e Wang (2014)</b>	Número de entregas por estabelecimento	Emprego; Valor do terreno; Largura da frente do estabelecimento	Regressão logarítmica (ln) Regressão Espacial (ln) Regressão exponencial Regressão potencial	Metropolitano/Regional	Regional/Estabelecimento
<b>Sarvareddy et al. (2005)</b>	Número de veículos	Toneladas importadas e exportadas; barris importados; madeira importada	Redes Neurais Regressão Linear	PGV	-
<b>Silva e Goldner (2010)</b>	Número de viagens	Área total construída; número de funcionários	Taxa de geração de viagens	PGV	Estabelecimento
<b>Sorrotini e Smith Jr. (2000)</b>	Carga em valor	Taxas de produção de mercadorias em toneladas por empregado; Emprego; População	Input-Output	Estadual Metropolitano/Regional	Regional

<b>Referência</b>	<b>Var. dependentes</b>	<b>Var. independentes</b>	<b>Métodos matemáticos</b>	<b>Corte geográfico</b>	<b>Nível de análise</b>
<b>Tadi e Balbach (1994)</b>	Número de veículos	Área construída; Uso do solo	Taxa de viagens Regressão linear	Urbano Regional	Regional/Estabelecimento
<b>Wagner (2010)</b>	Número de viagens	Número de funcionários	Taxa de geração de viagens	Metropolitano/Regional	Estabelecimento
<b>Waliszewski, Ahanotu e Fischer (2004)</b>	Volume de carga	Emprego; crescimento da população	Input-Output	Metropolitano/Regional	Regional
<b>Wegmann <i>et al.</i> (1995)</b>	Número de veículos	Emprego; População; Domicílios; Área Bruta; Uso do solo	Regressão linear Taxa de viagens	Metropolitano/Regional PGV	Regional/Estabelecimento
<b>Wisetjindawat, Sano e Matsumoto (2006)</b>	Quantidade de carga produzida ou atraída	Tipo industrial; Localização; Número de empregados; área	Regressão linear	Metropolitano/Regional	Estabelecimento

➤ **Etapa 2.3: Sintetizar os dados**

Para sintetizar os dados e simplificar a análise dos resultados, as variáveis dependentes e independentes foram categorizadas de forma como mostra o Quadro 3-5 e Quadro 3-6, respectivamente. A Quadro 3-7 apresenta a síntese dos resultados da revisão sistemática.

Quadro 3-5: Categorias de síntese das variáveis dependentes.

<b>Categoria</b>	<b>Variáveis</b>
<b>Número de veículos</b>	Frequência ou número de entregas Número de veículos ou número de viagens.
<b>Volume de carga</b>	Quantidade de carga produzida ou atraída Volume de mercadorias
<b>Valor da carga</b>	Atrações e produções de mercadorias em valor Quantidade de carga em valor

Quadro 3-6: Categorias de síntese das variáveis independentes.

<b>Categoria</b>	<b>Variáveis</b>
<b>Tamanho da área de estudo</b>	Tamanho da cidade, região ou zona geradora
<b>Carga</b>	Volume (Barris, contêineres, madeira etc.) importados ou exportados; Demanda final do tipo de mercadoria em valor; Exportação doméstica e nacional; Importação doméstica e nacional; Fluxos de mercadorias; Oferta total da mercadoria; Valor da mercadoria
<b>Demanda</b>	Consumo familiar da mercadoria; Demanda final não associadas com famílias; Volume da demanda de carga zonal; Volume de mercadorias
<b>Domicílios</b>	Densidade residencial; Número de domicílios
<b>Emprego</b>	Emprego total e por setor (referentes à zona)
<b>Funcionários</b>	Empregados; Funcionários varejistas; Número de funcionários; Número de motoristas de caminhão
<b>Frota</b>	Frota operacional da empresa; Número de veículos na frota; Número de veículos utilizados para a entrega; Número médio de veículos para entregas domiciliares
<b>Infraestrutura</b>	Área construída, bruta, cultivada, do depósito, do estabelecimento, do terminal, do terreno; Largura da frente do estabelecimento; Localização; Número de berços de contêiner; Número de portas nas docas; Quantidade de animais; Superfície dedicada à venda de frutas e legumes; Vagas de estacionamentos; Valor do terreno
<b>Número de empresas</b>	Número de estabelecimentos, varejistas e empresas
<b>Operação</b>	Características da empresa; Distância entre varejo e fornecedor; Fator de carga do veículo utilizado para a entrega; Intervalo de tempo entre as encomendas e as entregas; Linha de negócios; Número de dias de funcionamento; Número de entregas diárias por veículo; Número de entregas em uma semana; Número de fornecedores; Número de varejistas que fazem entregas ao domicílio; Número de vendas por ano; Número médio de entregas recebidas diariamente; Número médio de estabelecimentos visitados; Tamanho médio da entrega; Tipo de mercadoria; Volume médio de clientes;
<b>População</b>	Crescimento da população; Densidade populacional; Número de habitantes; Número médio de famílias que vivem em cada zona,
<b>Renda</b>	Renda familiar média, per capita e total
<b>Uso do solo</b>	Índice de uso do solo
<b>Outros</b>	Capacidade elétrica (kW); Comprimento da estrada; Demanda elétrica diária (Toneladas de carvão); Influência do porto; Percentagem de variação dos preços do petróleo; Toneladas de carvão/kW; Idade média; PIB

Quadro 3-7: Síntese dos resultados da revisão sistemática.

Trabalhos	VD			VI										Métodos						Nível		Corte geográfico												
	Núm de veículos	Volume de carga	Valor da carga	Tam. Área de est	Carga	Demanda	Domicílios	Emprego	Frota	Funcionários	Infraestrutura	Num de empresas	Operação	População	Renda	Uso do solo	Outros	Análise de class. Múltipla	Input-Output	Redes neurais	Regressão Espacial	Regressão Linear	Regressão não linear	Taxas de geração de viagens	Estabelecimento	Regional	Estadual	Metropolitano	Nacional	PGV	Urbano	Rural		
Al-Battaineh e Kaysi (2005)		X			X			X						X								X			X	X		X						
Al-Battaineh e Kaysi (2007)		X			X			X						X					X						X	X	X	X						
Al-Deek (2001)	X				X															X			X							X				
Alho e Silva (2014)	X									X	X											X	X								X			
Allen (2002)	X						X	X														X			X		X							
Barone, Crocco e Mongelli (2014)		X							X		X		X									X			X						X			
Bastida e Holguín-Veras (2009)	X								X	X		X				X		X				X		X	X	X	X	X						
Beagan, Fischer e Kuppam (2007)		X					X							X					X					X		X	X	X						
Brogan, Brich e Demetsky (2002)		X		X			X							X	X	X						X	X			X	X	X						
Cambridge Systematics (1996)	X						X			X									X			X			X	X					X			
Campos e Melo (2004)	X							X		X		X										X			X						X			
Cantillo, Jaller e Holguín-Veras (2014)		X								X				X								X		X	X	X		X						
Chu (2011)	X			X													X			X			X		X	X				X				
Crocco <i>et al.</i> (2010)		X					X						X									X			X	X					X			
Ebias (2014)	X								X	X		X										X			X	X					X			
Fischer, Ang-Olson e La (2000)	X			X			X			X		X				X						X			X	X	X	X						
Gasparini (2008)	X									X	X	X										X			X				X					
Giuliano <i>et al.</i> (2010)		X		X	X		X															X			X	X	X	X						
Holguín-Veras <i>et al.</i> (2011)	X	X							X		X								X					X	X	X	X	X						
Holguín-Veras <i>et al.</i> (2012)	X	X		X					X						X									X	X	X	X	X						
Holguín-Veras <i>et al.</i> (2013)	X								X	X										X					X		X	X						
Holguín-veras, López-Genao e Salam (2002)	X			X					X	X												X		X		X				X				
Ibeas <i>et al.</i> (2012)		X							X					X								X			X	X	X	X	X					
Iding, Meester e Tavasszy (2002)	X								X	X												X			X	X	X	X	X					
ITE (2008)	X						X		X	X						X						X			X	X	X	X	X	X	X	X		
Jaller, Sánchez-Díaz e Holguín-Veras (2015)	X								X														X	X	X	X	X	X	X					
Kawamura <i>et al.</i> (2008)	X								X			X	X	X	X	X						X			X	X	X	X				X		
Klodzinski <i>et al.</i> (2004)	X			X																X					X						X			

Trabalhos	VD			VI										Métodos						Nível		Corte geográfico												
	Núm de veículos	Volume de carga	Valor da carga	Tam. Área de est	Carga	Demanda	Domicílios	Emprego	Frota	Funcionários	Infraestrutura	Num de empresas	Operação	População	Renda	Uso do solo	Outros	Análise de class. Múltipla	Input-Output	Redes neurais	Regressão Espacial	Regressão Linear	Regressão não linear	Taxas de geração de viagens	Estabelecimento	Regional	Estadual	Metropolitano	Nacional	PGV	Urbano	Rural		
Kulpa, 2014)	X						X				X		X									X		X		X					X	X		
Lawson <i>et al.</i> (2012)	X								X							X		X				X		X		X					X	X		
Marra (1999)		X							X	X				X	X							X	X		X						X			
McCormack <i>et al.</i> (2010)	X					X	X			X					X									X		X				X				
Muñuzuri <i>et al.</i> (2010)	X							X			X	X	X									X			X					X				
Muñuzuri <i>et al.</i> (2012)	X							X				X	X										X		X		X			X				
Novak <i>et al.</i> (2011)	X						X									X		X		X		X			X		X		X					
Nuzzolo e Comi (2014)		X							X		X	X										X	X		X		X							
Ogunsanya (1984)		X		X	X								X		X							X	X		X		X				X			
Orsini <i>et al.</i> (2009)	X								X	X								X		X					X				X					
Russo e Comi (2002)		X												X								X			X					X				
Sánchez-Díaz, Holguín-Veras e Wang (2014)	X						X			X											X		X		X		X							
Sarvareddy <i>et al.</i> (2005)	X				X														X			X			X				X					
Silva e Goldner (2010)	X								X	X														X		X				X				
Sorratini e Smith Jr. (2000)			X		X		X						X											X		X	X	X	X					
Tadi e Balbach (1994)	X									X													X	X		X		X						
Wagner (2010)	X								X															X		X		X						
Waliszewski, Ahanotu e Fischer (2004)		X					X						X						X						X		X		X					
Wegmann <i>et al.</i> (1995)	X					X	X			X				X		X						X		X		X		X		X				
Wisetjindawat, Sano e Matsumoto (2006)		X							X	X		X										X			X		X							

Diante do exposto, vê-se que os resultados atendem às necessidades de revisão, pois atingem os objetivos da mesma, ao fornecer informações sobre quais métodos e variáveis tem sido utilizado em modelos de geração de viagens de carga, possibilitando seguir para Atividade 3.

### **Atividade 3 – Finalização**

#### **➤ Etapa 3.1: Aproveitamento dos resultados**

Os resultados foram analisados a partir da síntese exposta na Quadro 3-7. Considerando as variáveis dependentes, a Figura 3-1 ilustra o resultado da revisão, em que é possível ver que a mais utilizada é em função de veículos (podendo ser expresso também em número de viagens ou entregas), sendo observado em 64% dos trabalhos consultados, enquanto que volume de carga foi visto em 28% e valor da carga em somente 8%.

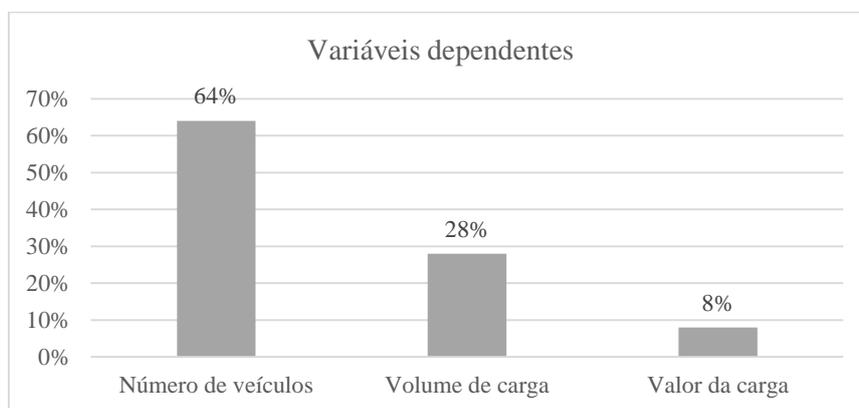


Figura 3-1: Resultado da revisão sistemática para variáveis dependentes.

Em relação às variáveis independentes, a Figura 3-2 permite ver que a variável que obteve maior incidência nos estudos foi Infraestrutura, vista em 16% dos trabalhos, que se baseia em características estruturais de estabelecimentos, como área construída, número de vagas de estacionamento, área de venda etc. Em seguida, a variável Funcionários, presente em 14% dos trabalhos, representa número de empregos por estabelecimento ou setor de atividade.

As variáveis População e Emprego foram vistas em 13% dos trabalhos, ambas relacionadas a informações regionais, ou seja, refletem em quantidade existente de habitantes e de postos de emprego, respectivamente, nas zonas de tráfego.

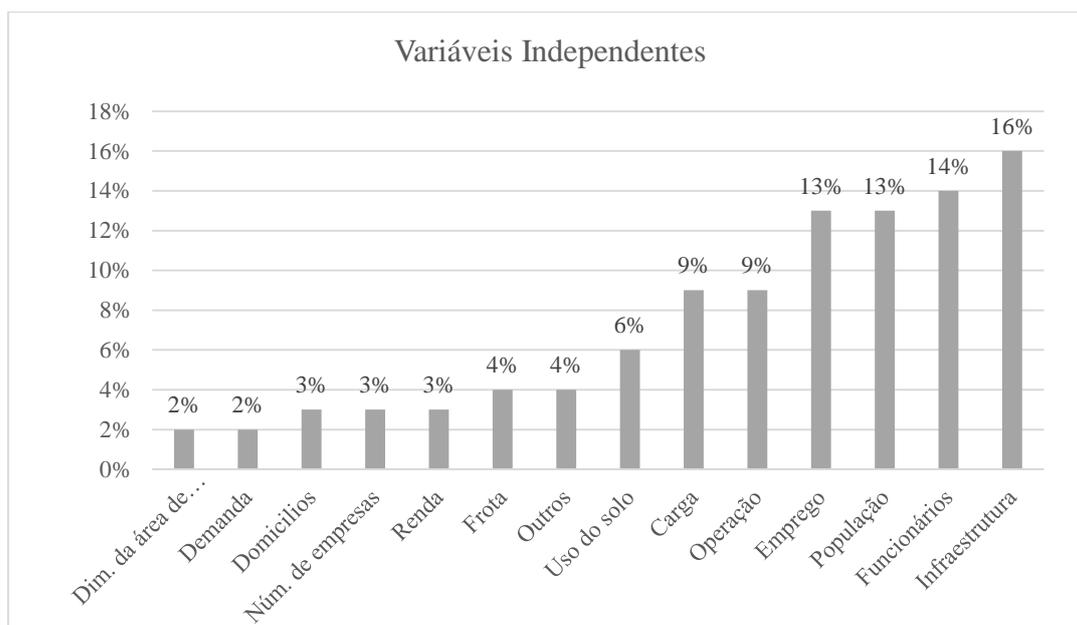


Figura 3-2: Resultado da revisão sistemática de variáveis independentes.

Em relação às demais variáveis: Operação e Carga foram vistas ambas em 9% dos estudos; Uso do solo em 6%; Frota em 4%; Renda, número de empresas e domicílios em 3%; Demanda e dimensão da área de estudo em 2%. Além dessas, 4% dos trabalhos usaram outras variáveis, como apresentou o Quadro 3-6, específicas para o estudo realizado.

Em geral, as variáveis podem ser divididas em dois grupos, aquelas relacionadas às características de estabelecimentos ou do setor de atividade, e aquelas relacionadas a informações da região em estudo. De acordo com os resultados da revisão, 54% dos estudos utilizara variáveis que refletem características do estabelecimento, como: Infraestrutura, Funcionários, Operação e Frota. Já 46% dos trabalhos usaram variáveis que se referem a características regionais, tais como, População, Domicílios, Emprego, Uso do solo e Renda. As variáveis Carga, Demanda e Número de empresas apareceram em ambos os grupos.

As variáveis Funcionários e Emprego tratam, em essência, de um mesmo indicador, contudo a variável Funcionários se refere ao número de empregos do estabelecimento ou setor de atividade em questão, enquanto que a variável Emprego representa o total de empregos na região. Ao unir ambas categorias, percebe-se que indicadores de empregos são candidatos interessantes a variáveis explicativas em modelos de geração de viagens, dado que 27% dos trabalhos utilizaram alguma forma deste indicador.

Dentre os resultados da revisão, notou-se a presença de variáveis socioeconômicas, como população residente, número de domicílios, emprego e renda, o que contribui diretamente para a validação da hipótese desta dissertação, de que estas variáveis podem ser usadas na análise de geração de viagens de carga.

Considerando os métodos matemáticos, a Figura 3-3 ilustra o resultado da revisão que sugere que o método mais usado é o de Regressão Linear, validando a hipótese deste trabalho de que este método pode ser usado para análises de geração de viagem. Em seguida, nota-se que o segundo método mais utilizado é o método de taxas de viagens. Juntos, esses métodos foram vistos em 62% dos trabalhos, confirmando a afirmação de Kulpa (2014), de que esses dois métodos são os mais utilizados em estudos de geração de viagens.

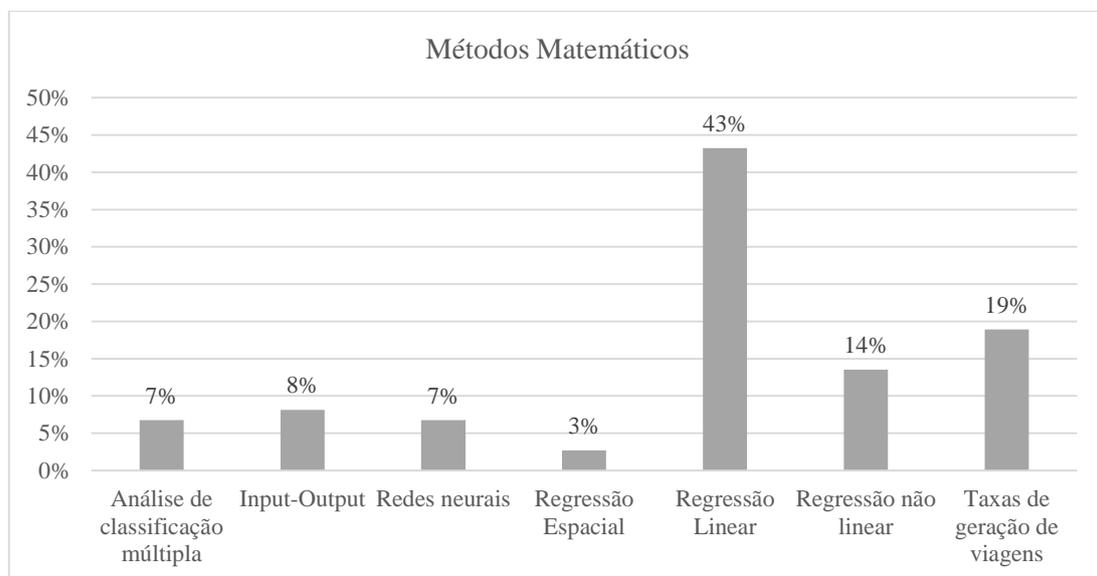


Figura 3-3: Resultados da revisão sistemática para métodos matemáticos.

Além desses métodos, foram vistas aplicações de Regressão não lineares (exponenciais, polinomiais, logísticas entre outros), em 14 % dos trabalhos investigados. Modelos Input-Output foram vistos em 8% dos trabalhos, Análise de classificação múltipla e Redes Neurais em 7%, e Regressão Espacial em 3%.

Por fim, estudos foram analisados quando a abrangência do corte geográfico, cujos resultados são resumidos na Figura 3-4. Vê-se que a maioria dos trabalhos estudam a geração de viagem a nível metropolitano (39%) e urbano (28%), que caracterizam áreas semelhantes à RMRJ. Juntos, estes cortes geográficos foram estudados em 67% de todos

os trabalhos consultados, embasando a premissa de que o Método Sequencial pode ser aplicado a áreas urbanas.

Além disso, 20% dos trabalhos estudam Polos Geradores de Viagens, como portos, *shopping centers* e supermercados, 6% dos trabalhos utilizaram dados de abrangência nacional, outros 6% estadual, 2% trabalharam com áreas rurais.

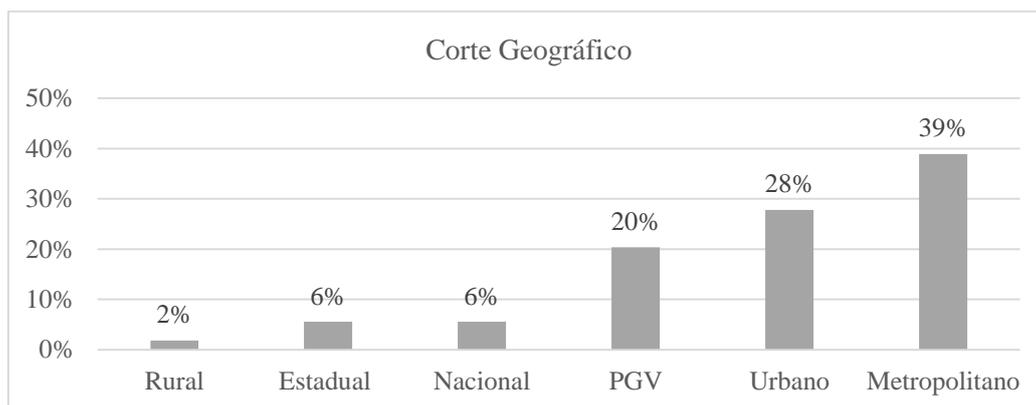


Figura 3-4: Corte geográfico dos estudos analisados na revisão sistemática.

### 3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo cumpriu o seu objetivo de auxiliar o entendimento dos conceitos de movimentação de carga em área urbana e da geração de viagem de carga, além de atingir os objetivos específicos desta dissertação, de identificar, na literatura, variáveis que expliquem a geração de viagens de carga em áreas urbanas e relacionar as ferramentas matemáticas com potencial de explicar e analisar a geração de viagens.

A revisão sistemática se mostrou uma ferramenta importante para analisar a literatura de forma sistêmica, permitindo fundamentar a premissa adotada, ao mostrar que o Método Sequencial de Quatro Etapas, de fato, pode ser aplicado a áreas urbanas. Além disso, a revisão contribuiu para a aceitação da hipótese de que variáveis socioeconômicas podem ser usadas para explicar a geração de viagem de carga em área urbana. Em geral, viu-se que variáveis relacionadas a características do estabelecimento ou do setor de atividades são mais utilizadas. Contudo, ainda que em menor quantidade, de fato são utilizadas variáveis que refletem características regionais.

Adicionalmente, a revisão permitiu validar a hipótese de que o método de regressão linear pode ser empregado em estudos de geração de viagens, sendo, inclusive, o método mais usado dentre os encontrados na literatura.

## 4 ANÁLISE DE REGRESSÃO

A análise de regressão consiste em uma coleção de ferramentas estatísticas que modelam e exploram a relação não determinística entre variáveis. De uma forma geral, objetiva-se encontrar uma relação linear entre uma variável resposta (ou variável dependente -VD)  $y$  com  $k$  variáveis explicativas  $x$  (ou variáveis independentes - VIs), como mostra a Equação 3-1 (MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

$$y = \beta_0 + x_1\beta_1 + x_2\beta_2 + \dots + x_k\beta_k + e \quad \text{Equação 4-1}$$

Os parâmetros  $\beta_{1,\dots,k}$  são chamados de coeficientes de regressão, e  $e$  representa os resíduos (erros) do modelo, calculados como a diferença entre os valores observados,  $y_i$ , e os valores previstos,  $\hat{y}_i$ , isto é:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i \quad i = 1, \dots, k \quad \text{Equação 4-2}$$

A Equação 4-1 é uma regressão linear simples se  $k = 1$ , pois só existe uma variável independente (VI). Entretanto, se  $k = 1, 2, \dots, n$ , temos uma regressão linear múltipla, com  $k$  VIs (MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

A quantidade de variáveis a serem testadas depende dos objetivos do pesquisador. Para o caso de um número grande de VIs, a escolha do conjunto de variáveis regressoras a ser usado no modelo constitui um problema importante comum em muitas aplicações da análise de regressão (MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

Algumas vezes, experiência prévia ou considerações teóricas em foco podem ajudar o pesquisador a especificar o conjunto de variáveis regressoras a ser usado em uma situação particular. Geralmente, no entanto, o problema consiste em selecionar um conjunto apropriado de regressores a partir de um conjunto que inclua todas as variáveis potencialmente importantes. Em situações como esta, deve ser realizada uma seleção de variáveis, cujo objetivo é filtrar as variáveis candidatas, obtendo o melhor subconjunto de variáveis para ser usado no modelo (MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

Dentre as técnicas de seleção de variáveis disponíveis, as mais comumente empregadas são: Todas as regressões possíveis, Regressão *stepwise*, Seleção progressiva e Eliminação regressiva, que serão descritas a seguir (HAIR JR. *et al.*, 2014; MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

- **Todas as Regressões possíveis:** esta técnica realiza combinações entre todas as variáveis e seleciona a melhor, considerando critérios de avaliação tais como o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), estatística  $C_p$ , soma dos quadrados do erro de previsão (SQEP).
- **Regressão *stepwise* (ou Regressão por etapas):** constrói iterativamente modelos de regressão adicionando ou removendo variáveis a cada passo, iniciando com um modelo composto pela variável que apresenta a mais alta correlação com a variável resposta. O procedimento continua até que nenhuma variável possa ser adicionada ou removida do modelo.
- **Seleção progressiva:** os regressores são adicionados no modelo um de cada vez até que não haja mais regressores candidatos que produzam um aumento significativo na soma dos quadrados da regressão.
- **Eliminação regressiva:** realiza um procedimento inverso da técnica anterior, iniciando com um conjunto de todas as variáveis e realizando, a cada etapa, a remoção do regressor que apresentar menor Estatística-F.

A escolha pela técnica mais apropriada cabe ao pesquisador e sua aplicação resultará em um conjunto de variáveis mais adequadas para compor o modelo. Caso o resultado indique que o modelo deva ser composto por um conjunto de 2 ou mais variáveis, é necessário assegurar que estas não são correlacionadas entre si (HAIR JR. *et al.*, 2014).

A partir das variáveis selecionadas e seus respectivos valores amostrais, devem ser gerados os modelos de regressão, estimando os parâmetros  $\beta_{i,\dots,k}$ , o que pode ser feito com o auxílio de *software* estatísticos, como Microsoft Excel, SPSS ou MINITAB, que fornecem, juntamente com os resultados, as estatísticas necessárias para avaliar o modelo.

#### 4.1 AJUSTE DO MODELO

Para avaliar o ajuste do modelo, atenta-se ao coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que representa o percentual da variação da amostra de valores de  $y$  que é explicada pelo

modelo de regressão. Esta estatística está sempre no intervalo de 0 a 1, e diz quão bem o modelo se ajusta aos dados, quanto maior o valor de  $R^2$ , melhor é o ajuste (DOANE E SEWARD, 2011). Se  $R^2$  for igual a 1, tem-se um modelo com ajuste perfeito (SEBER E LEE, 2003).

Entretanto, deve-se usar o  $R^2$  como medida de utilidade somente se a amostra contiver substancialmente mais pontos de dados que o número de parâmetros  $\beta$  do modelo. Como alternativa, usa-se o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_a$ ), que se ajusta ao tamanho da amostra e ao número de parâmetros  $\beta$  do modelo (MCCLAVE, BENSON E SINCICH, 2009).

## 4.2 TESTE DE SIGNIFICÂNCIA

O teste de significância da regressão possui o objetivo de determinar se existe uma relação linear entre a variável resposta  $y$  e suas variáveis regressoras (explicativas). Este teste avalia as seguintes hipóteses (Equação 4-3):

$$\begin{aligned} H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0 \\ H_1: \beta_i \neq 0, \text{ para pelo menos um } i \end{aligned} \quad \text{Equação 4-3}$$

De forma simplificada, a hipótese nula afirma que nenhum termo do modelo é importante para prever  $y$ , ou seja, não existe uma relação linear entre as variáveis dependente e independente. A rejeição da hipótese nula sugere que pelo menos uma variável regressora contribui significativamente para o modelo, e que este é estatisticamente útil (MCCLAVE, BENSON E SINCICH, 2009; MYERS *et al.*, 2010)

## 4.3 ANÁLISE DOS RESÍDUOS

No processo de análise de regressão algumas suposições devem ser feitas sobre os resíduos do modelo, sendo elas (DOANE E SEWARD, 2011; KEITH, 2015; MENDENHALL E SINCICH, 2012):

1. Os resíduos são normalmente distribuídos, com média igual a zero
2. Os resíduos são homocedásticos (possuem variância constante)
3. Os resíduos são independentes (não são correlacionados)

A análise de resíduos fornece um conjunto de ferramentas analíticas para examinar a adequação do modelo de regressão (HAIR JR. *et al.*, 2014), que serão descritas na sequência desta seção.

### **1. Normalidade dos resíduos**

O diagnóstico da normalidade dos resíduos pode ser realizado por meio da identificação de uma curva de distribuição normal em um histograma dos resíduos, contudo, sua visualização é mais difícil em amostras menores (HAIR JR. *et al.*, 2014).

Outro método para diagnosticar a normalidade é por meio da construção gráfico de probabilidade da normal (P-P *plot*), que mostra os valores do resíduo da regressão em um eixo e, no outro, o valor esperado dos resíduos se estivessem normalmente distribuídos. Caso o pressuposto da normalidade seja aceito, uma linha de tendência diagonal poderá ser vista (HAIR JR. *et al.*, 2014; KEITH, 2015).

Testes de normalidade, como os de Komolgorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, também podem ser usados, tendo como hipótese nula que os resíduos seguem uma distribuição normal. Contudo, esses testes tendem a ser pouco efetivos quando o pressuposto de normalidade é violado (HAIR JR. *et al.*, 2014; KEITH, 2015; MENDENHALL E SINCICH, 2012)

O pressuposto da normalidade é o pressuposto da regressão mais comumente violado, porém, só representa um problema grave para o caso de amostras pequenas. A regressão é robusta em relação a erros não-normais, ou seja, as inferências derivadas da análise de regressão tendem a permanecer válidas mesmo quando o pressuposto de erros normais não é exatamente satisfeito. Entretanto, grandes desvios da normalidade levam a dúvidas em quaisquer inferências derivadas da análise de regressão. Caso haja necessidade, algumas transformações podemos ser aplicadas com objetivo de normalizar os resíduos, tais como:  $\sqrt{y}$  e  $\ln(y)$  (KEITH, 2015; MCCLAVE, BENSON E SINCICH, 2009; MENDENHALL E SINCICH, 2012).

### **2. Homocedasticidade**

A homocedasticidade é caracterizada pela variância constante dos resíduos da regressão. Quando as variâncias são desiguais, tem-se um caso de heterocedasticidade, muito comum em análises de regressão (KEITH, 2015; MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

Vários testes estatísticos para heterocedasticidade têm sido desenvolvidos, como os testes de Goldfeld-Quandt, Breusch-Pagan e Levene, que testam a hipótese de que as variâncias são constantes. O teste de Levene é o mais recomendado por ser menos afetado por desvios da normalidade, outro problema que ocorre com frequência em regressão (HAIR JR. *et al.*, 2014).

Também é possível diagnosticar a presença de heterocedasticidade por meio do gráfico de dispersão dos resíduos em função do valor previsto de  $y$  ( $\hat{y}$ ), que geralmente apresentam um dos quatro padrões ilustrados na Figura 4-1. O padrão em (a) da Figura 4-1 representa a situação ideal e os padrões (b), (c) e (d) indicam que os resíduos são heterocedásticos. Destaca-se o padrão (b), que aparece com maior frequência em análises de regressão. Este padrão indica que variância das observações podem estar aumentando com a magnitude de  $\hat{y}$ . Neste caso, algumas transformações podem ser empregadas com intuito de estabilizar as variâncias, tais como:  $\sqrt{y}$ ,  $\ln(y)$  ou  $1/y$  (MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

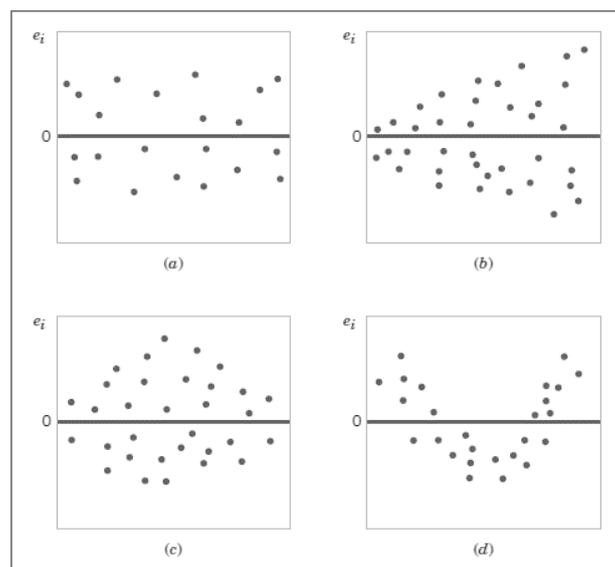


Figura 4-1: Padrões para gráficos de resíduos.  
Fonte: Montgomery e Runger, 2014.

A violação deste pressuposto pode ampliar os intervalos de confiança e afetar os erros padrão, conseqüentemente, impactando a significância estatística, entretanto, a heterocedasticidade não influencia as estimativas (DOANE E SEWARD, 2011; KEITH, 2015; MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

### 3. Independência dos resíduos

Assume-se, na regressão, que os resíduos são independentes, isto é, não são autocorrelacionados. Para testar a presença de correlação residual pode ser utilizada o teste de Durbin-Watson, que mede a correlação entre resíduos sucessivos (HAIR JR. *et al.*, 2014; MENDENHALL E SINCICH, 2012).

Este teste tem como hipótese nula ausência de autocorrelação residual, e as inferências são feitas com base na estatística Durbin-Watson (DW), conforme a regra (DOANE E SEWARD, 2011; MENDENHALL E SINCICH, 2012):

- $DW < 2$  – autocorrelação positiva
- $DW \approx 2$  – não existe autocorrelação
- $DW > 2$  – autocorrelação negativa.

A presença de autocorrelação afeta os intervalos de confiança, podendo classificar erroneamente as variáveis como estatisticamente significantes. Os coeficientes da regressão se mantem consistentes e não afetados, mas o ajuste do modelo pode ser sobrestimado (DOANE E SEWARD, 2011; MENDENHALL E SINCICH, 2012).

A violação deste pressuposto é vista principalmente quando os dados são ordenados em função do tempo ou distância, como o caso de séries temporais. Dados de corte transversal (coletados em um único período de tempo) podem apresentar autocorrelação, porém geralmente é resultante da ordem de entrada de dados, podendo ser ignorada (DOANE E SEWARD, 2011).

Os resíduos da regressão frequentemente violam um ou mais destes pressupostos. Os coeficientes de regressão não são influenciados, mas erros-padrão poderão ser imprecisos, afetando a interpretação dos resultados. Contudo, a regressão é robusta em face a violações moderadas, e seus resultados podem ser mantidos válidos apesar das violações (KEITH, 2015).

#### 4.4 MULTICOLINEARIDADE

A multicolinearidade pode ter efeitos substanciais não apenas sobre a capacidade preditiva do modelo de regressão, mas também sobre a estimativa dos coeficientes de

regressão e seus testes de significância estatística (HAIR JR. *et al.*, 2014; MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

Para identificar a multicolinearidade, devem ser realizadas regressões entre as variáveis independentes, isto é, cada VI se torna uma variável resposta de uma regressão em função das demais VIs. Em seguida, estima-se o Fator de Inflação da Variância (VIF), calculado por meio da Equação 4-4 (HAIR JR. *et al.*, 2014; MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

$$VIF_j = \frac{1}{(1 - R_j^2)} \quad j = 1, 2, \dots, k \quad \text{Equação 4-4}$$

Em que  $R_j^2$  é o coeficiente de determinação da regressão de  $x_j$  em função das  $k-1$  outras variáveis regressoras. Quando  $x_j$  for altamente correlacionado às outras VIs, maior será o valor de  $R^2$  e, conseqüentemente, maior será o  $VIF_j$ . Valores de VIF maiores que 10 são considerados indicadores de alta correlação entre as variáveis (HAIR JR. *et al.*, 2014; MENDENHALL E SINCICH, 2012; MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

## 5 PROCEDIMENTO PROPOSTO

O procedimento proposto para analisar a geração de viagens de carga segue uma sequência de etapas, divididas em duas fases, como ilustra a Figura 5-1, que serão descritas ao longo deste capítulo. Tem-se como premissa que existem dados de geração de viagens de carga da região em estudo, estando este procedimento direcionado a analisá-los e responder o seguinte problema de pesquisa: O que influencia a geração de viagens de carga na região?

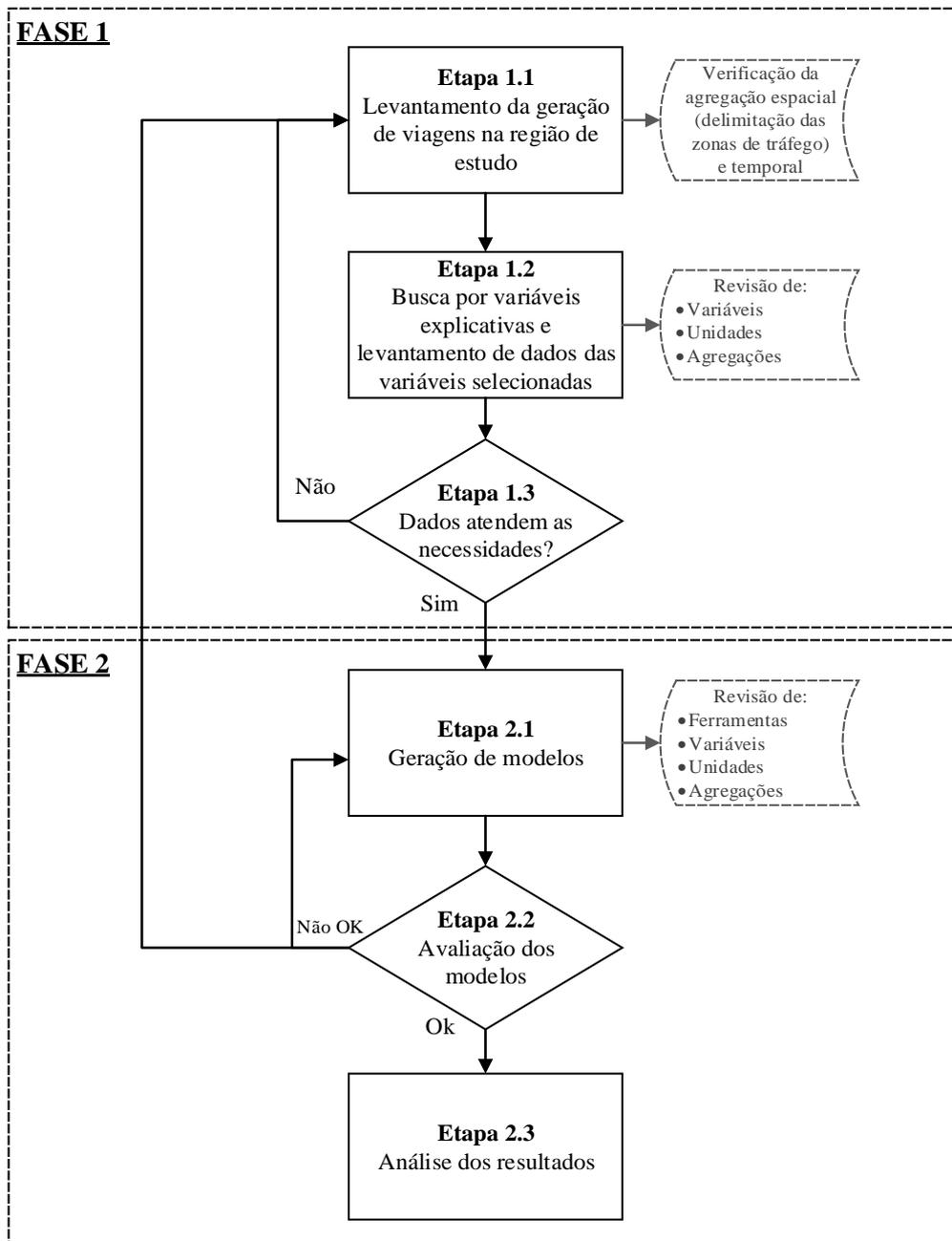


Figura 5-1: Fluxograma do procedimento proposto.

## **5.1 FASE 1 – PREPARAÇÃO**

A primeira fase deste procedimento se divide em três etapas, Etapas 1.1, 1.2 e 1.3, e representa o processo de preparação do experimento, cujo foco é coletar os dados necessários para a aplicação desse.

Na Etapa 1.1 é realizado o levantamento de dados de geração de viagens para a região em estudo, verificando qual a delimitação geográfica e temporal aplicada, ou seja, qual a abrangência das zonas de tráfego e qual a unidade de tempo utilizada na coleta de informações sobre o fluxo de carga.

Na Etapa 1.2 deve-se determinar quais variáveis explicativas vão ser utilizadas na análise e, após isso, coletar os dados referentes a essas variáveis, de acordo com a agregação espacial verificada na etapa anterior.

Sob a posse desses dados, a Etapa 1.3 propõe uma avaliação dos mesmos, em que se checa se esses atendem às necessidades do estudo (considerando os objetivos, hipóteses e premissas do estudo), e conferindo a compatibilidade espacial e temporal entre as variáveis dependente e independente.

Caso os dados estejam em conformidade, segue-se para a Fase 2, caso contrário, se retorna às Etapas 1.1 e 1.2, revisando as variáveis, unidades e agregações, podendo reiniciar a busca por variáveis, converter as unidades ou realizar agregações diferentes.

## **5.2 FASE 2 – EXECUÇÃO**

A Fase 2 representa a execução do procedimento e se divide em três etapas. A Etapa 2.1 refere-se à aplicação de um método matemático capaz de analisar a geração de viagens, tais como os encontrados na revisão sistemática realizada no Capítulo 3, cuja escolha depende, não só, dos objetivos do pesquisador e do estudo, mas também da disponibilidade de dados referentes à região a ser analisada.

O pesquisador deverá escolher qual método será aplicado e, em seguida, levantar os critérios necessários para avaliar os resultados. A aplicação destes métodos pode ser realizada com o auxílio de programas de computadores, como, por exemplo, os *software*

SPSS, Minitab, Excel entre outros, capazes de fornecer as estatísticas necessárias para as avaliações dos modelos.

Em seguida, a Etapa 2.2 realiza uma avaliação desses modelos, validando, ou não, os resultados obtidos conforme os critérios de cada método. Caso o modelo gerado seja validado, segue-se para a Etapa 2.3, entretanto, caso contrário, o pesquisador dispõe de duas alternativas:

1. Retornar à Etapa 1.1, revisando as variáveis, a agregação espacial realizada e as unidades utilizadas, ou procurando por novas variáveis, reiniciando o procedimento.
2. Retornar à Etapa 2.1 e revisar as variáveis, quanto à sua agregação e unidades, ou as ferramentas matemáticas empregadas, verificando a possibilidade de transformação das variáveis.

Por fim, a Etapa 2.3 corresponde à finalização do procedimento, por meio da análise dos resultados, interpretando os mesmos para, assim, responder o problema de pesquisa, verificando se as variáveis testadas de fato explicam a geração de viagens de carga.

## 6 APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO

Para avaliar a utilidade do procedimento proposto, este foi aplicado à Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), composta por 20 municípios: Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Mangaratiba, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti, Seropédica e Tanguá. A área e população residente de cada município, de acordo com o Censo – 2010 (IBGE, 2010), são apresentadas no Quadro 6-1.

Quadro 6-1: Áreas e População residente dos municípios da RMRJ.

<b>Município</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>População</b>
<b>Rio de Janeiro</b>	1.188,02	6.283.486
<b>São Gonçalo</b>	236,80	997.950
<b>Duque de Caxias</b>	467,60	854.077
<b>Nova Iguaçu</b>	364,45	795.411
<b>Niterói</b>	133,94	484.918
<b>Belford roxo</b>	77,81	468.910
<b>São João de Meriti</b>	35,21	458.403
<b>Magé</b>	387,72	226.212
<b>Itaboraí</b>	382,26	217.606
<b>Mesquita</b>	32,58	168.301
<b>Nilópolis</b>	19,61	157.296
<b>Queimados</b>	75,67	137.760
<b>Maricá</b>	362,73	127.315
<b>Itaguaí</b>	275,75	108.937
<b>Japeri</b>	81,85	93.252
<b>Seropédica</b>	283,66	77.495
<b>Guapimirim</b>	332,49	51.402
<b>Paracambi</b>	179,61	46.011
<b>Mangaratiba</b>	354,00	36.321
<b>Tanguá</b>	145,20	30.482
<b>Total</b>	<b>5.416,97</b>	<b>11.821.545</b>

Fonte: IBGE (2010).

A aplicação do procedimento segue as Fases e Etapas conforme ilustrado na Figura 5-1, e será descrita nas seções deste capítulo.

## 6.1 FASE 1 – PREPARAÇÃO

Os dados de geração de viagens de carga na RMRJ foram obtidos partir do Plano Diretor de Transportes Urbanos (PDTU, 2014), realizado pela Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro. Foram considerados somente dados referentes ao fluxo interno-interno na RMRJ, aqueles que indicam os movimentos em que a origem e o destino dos veículos de transporte de cargas são dentro da RMRJ. O PDTU (2014) separou este fluxo em três grupos:

- Fluxo Atacado-Varejo ou Fluxo B2B (*business to business*): entre os atacadistas ou transportadores e as empresas varejistas
- Fluxo Varejo-Domicílio ou Fluxo B2H (*business to household*): entre os varejistas e o consumidor final, com entrega em domicílio.
- Fluxo Total: representa a soma entre os anteriores.

Os dados de geração de viagens disponibilizados no PDTU (2014) são em função do número de veículos por dia por zona de tráfego. Para a definição das zonas de tráfego o PDTU (2014) realizou uma divisão do território da RMRJ em 730 zonas usando como unidade geográfica os setores censitários utilizados pelo IBGE para o Censo de 2010. Todas as zonas são compostas por um ou mais setores, ao mesmo tempo que cada setor censitário tem a totalidade do seu território inserido em uma única zona de tráfego.

A busca por variáveis explicativas se deu sob forma da revisão bibliográfica sistemática, apresentada no Capítulo 3. Considerando os resultados da revisão e a hipótese deste trabalho, de que podem ser utilizadas variáveis socioeconômicas para analisar a geração de viagens de carga, foram escolhidas as seguintes variáveis:

- Emprego (*Emp*): número de empregados por bairro
- Número de domicílios (*Dom*): Domicílios particulares permanentes
- População residente (*Pop*): Moradores em domicílios particulares permanentes
- Renda média mensal (*Ren*): Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade (com e sem rendimento)
- Classe A (*CA*): domicílios com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 5 salários mínimos

- Classe B (CB): domicílios com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de 2 a 5 salários mínimos
- Classe C (CC): domicílios com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de 1 a 2 salários mínimos
- Classe D (CD): domicílios com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de 1/2 a 1 salários mínimos
- Classe E (CE): domicílios com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1/2 salários mínimos e sem rendimento.
- Área ( $km^2$ ): área do bairro em  $km^2$

Os dados de população residente, número de domicílios, renda e classes foram obtidos a partir do Censo-2010 (IBGE, 2010) em função de setores censitários. Os dados relativos à variável Emprego foram obtidos a partir da Relação Anual de Informações - RAIS (MTE, 2013) em função dos bairros da RMRJ.

Os dados coletados não foram analisados quanto à presença de *outliers* (pontos fora do padrão) pois, por se tratar de uma análise dos fluxos de carga gerados no território da RMRJ, remover alguma informação significa deixar de considerar uma área que pode ser importante para o estudo como um todo. Sendo assim, os dados foram analisados apenas geograficamente, passando por uma consolidação do corte geográfico em função do limite dos bairros, possibilitando dar continuidade à aplicação do procedimento.

## 6.2 FASE 2 – EXECUÇÃO

Em função da hipótese adotada por esta dissertação, a execução do procedimento empregou o método de regressão linear, desta forma, a Fase 2 foi desmembrada em etapas, como ilustra a Figura 6-1. A aplicação se deu com auxílio do *software* SPSS e foi realizada separadamente para cada fluxo considerado no estudo (B2H, B2B e Total).

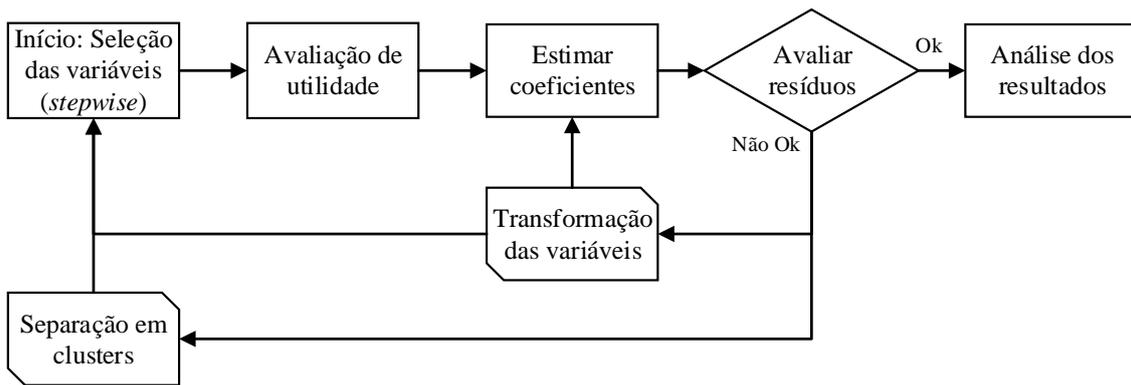


Figura 6-1: Etapas da aplicação do método de regressão linear.  
 Fonte: Adaptado de Mendehall e Sincich (2012).

A aplicação do método de regressão se inicia na seleção de variáveis, dado que se tinha um total de 10 variáveis independentes potencialmente importantes. A técnica escolhida foi a *stepwise*, configurada no *software* para fornecer, para cada conjunto de variáveis, os resultados de p-valor de cada variável (para o teste de significância das variáveis), VIF e  $R^2$ , possibilitando a realização de uma avaliação de utilidade.

Como o *software* fornecia mais de uma opção viável, o conjunto selecionado para ser regredido deveria apresentar:  $VIF < 10$ , garantindo a ausência de multicolinearidade entre as variáveis, e p-valor  $< 0,05$ , para rejeitar hipótese nula do teste de significância da regressão. Caso todos fossem satisfatórios nesses resultados, escolhia-se o que apresentasse  $R^2$  mais elevado. O grupo escolhido era utilizado para gerar o modelo, estimando os coeficientes da equação de regressão, valores previstos, resíduos e as estatísticas necessárias para avaliá-los. O Quadro 6-2 resume os critérios pelos quais a avaliação do modelo era conduzida.

Quadro 6-2:Resumo dos critérios de avaliação dos modelos.

	Avaliação	Critério
Avaliação de utilidade	Significância das variáveis	Significantes se: p-valor $< 0,05$
	Ajuste do modelo	$0 < R^2 < 1$ (quanto mais próximo de 1, melhor o ajuste)
	Multicolinearidade	$VIF < 10$ (para modelos com mais de 2 variáveis)
Avaliação de resíduos	Normalidade	Análise visual do Histograma e P-P <i>plot</i> e média zero
	Homocedasticidade	Teste de Levene – homocedásticos se: p-valor $> 0,05$
	Independência	$DW \approx 2$

Fonte: Doane e Seward (2011), Keith (2015), Mendehall e Sincich (2012), Hair Jr. *et al.* (2014) e McClave, Benson e Sincich (2009).

Nos casos em que o modelo não atendia algum critério de avaliação, tinha-se três alternativas:

1. Aplicar uma transformação nas variáveis do modelo e realizar uma nova regressão com as variáveis transformadas
2. Transformar todas as variáveis e reiniciar a aplicação, com início na seleção de variáveis.
3. Segmentar os dados em *clusters* e aplicar o método para cada um.

Nesta aplicação, foram testadas todas as alternativas, com intuito de validar o procedimento. Para as alternativas 1 e 2, as variáveis  $x$  e  $y$  foram transformadas em seus logaritmos naturais e/ou raízes quadradas. Para alternativa 3, as variáveis foram separadas em quatro *clusters*, por meio do método de k-médias, em função da razão do fluxo pela variável com maior correlação a este.

O objetivo da segmentação em *clusters* é agrupar objetos de um conjunto de dados de acordo com as similaridades entre eles, visto que em grandes amostras, como o caso em estudo, há a possibilidade de ter variáveis independentes consideradas significantes (com p-valor menor que 0,5), mas que na verdade, possuem pouco efeito em na variável dependente (GECHELLE *et al.*, 2011; DOANE E SEWARD, 2011).

Os resultados das aplicações com os fluxos B2B, B2H e Total são apresentados nas seções 5.2.1, 5.2.2 e 5.2.3, respectivamente.

### **6.2.1 Fluxo B2B**

O método *stepwise* aplicado para o fluxo B2B selecionou as variáveis Emprego e Classe C, que compõe o Modelo B1, e os resultados deste são apresentados no Quadro 6-3.

A regressão para este fluxo mostrou que ambas as variáveis são relevantes, explicam 82,6% da variabilidade do fluxo e não são multicolineares. Contudo, os pressupostos dos resíduos não foram verificados integralmente. A média dos resíduos é zero e o valor de DW, próximo a 2, sugere que esses são independentes, porém, não foi possível verificar a distribuição normal ou a homocedasticidade.

O gráfico do valor previsto *versus* o valor observado do fluxo B2B, ilustrado na Figura 6-2, evidencia uma má distribuição dos pontos ao longo da linha de tendência, com uma concentração próxima a origem, sugerindo que o Modelo B1, apesar de apresentar um  $R^2$  alto, possa fornecer previsões pouco confiantes.

Quadro 6-3: Resultados da regressão do Fluxo B2B em função das variáveis Emprego e Classe C.

Modelo B1		Avaliação de utilidade			Avaliação dos resíduos				
Variável	Estimativa	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	VIF	Dist. Normal	Média	Levene	DW
Constante	5,255	-	0,826	0,826	-	Não	0,0000	0,00476	1,52
Emp	0,013	0,000			1,119				
CC	0,047	0,000			1,119				

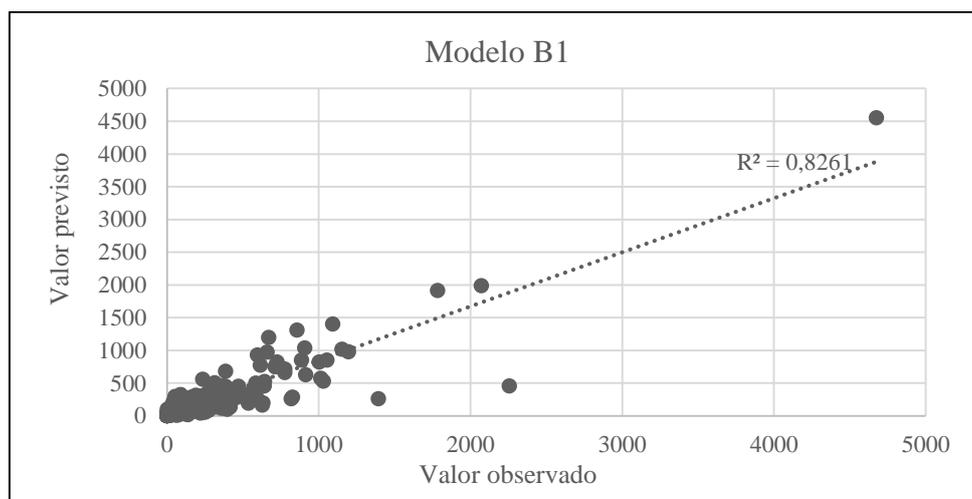
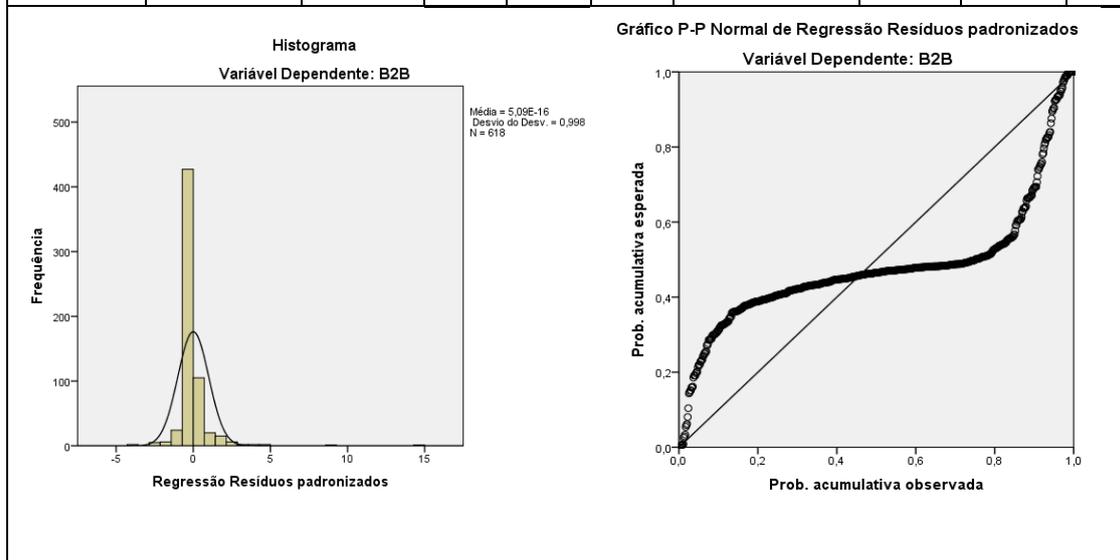


Figura 6-2: Gráfico do valor previsto vs. valor observado de B2B.

➤ **Alternativa 1**

Aplicou-se a transformação logarítmica nas variáveis  $x$  e  $y$  do modelo, e novamente foram estimados os coeficientes, encontrando os resultados apresentados no Quadro 6-4.

Quadro 6-4 Resultados da regressão do Fluxo B2B em função das variáveis transformadas Emprego e Classe C.

Modelo B2		Avaliação de utilidade			Avaliação dos resíduos				
Variável	Estimativa	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	VIF	Dist. Normal	Média	Levene	DW
Constante	-3,333	-	0,758	0,757	-	Aproximada	0,0000	0,838	1,136
LnEmp	0,160	0,00			2,449				
LnCC	0,903	0,00			2,449				

**Histograma**  
Variável Dependente: LnB2B

**Gráfico P-P Normal de Regressão Resíduos padronizados**  
Variável Dependente: LnB2B

A transformação logarítmica das variáveis foi capaz de corrigir as violações do modelo anterior, aproximando os resíduos à uma distribuição normal e de tornando-os homocedásticos.

O valor baixo da estatística DW sugere, agora, que os resíduos sejam positivamente correlacionados, contudo, como ambas as variáveis não são derivadas de séries temporais, este resultado não prejudica a validade do modelo.

O gráfico da Figura 6-3 começa a evidenciar a formação de uma reta entre os valores previstos e observados de *LnB2B*, porém, é visível uma concentração de pontos em torno dos valores intermediários e uma dispersão nas extremidades, principalmente próximo à origem

Apesar das melhorias, este modelo obteve um R<sup>2</sup> menor que o modelo original, entretanto, ainda assim representa um bom resultado, visto que é capaz de explicar 75% da variação do fluxo B2B.

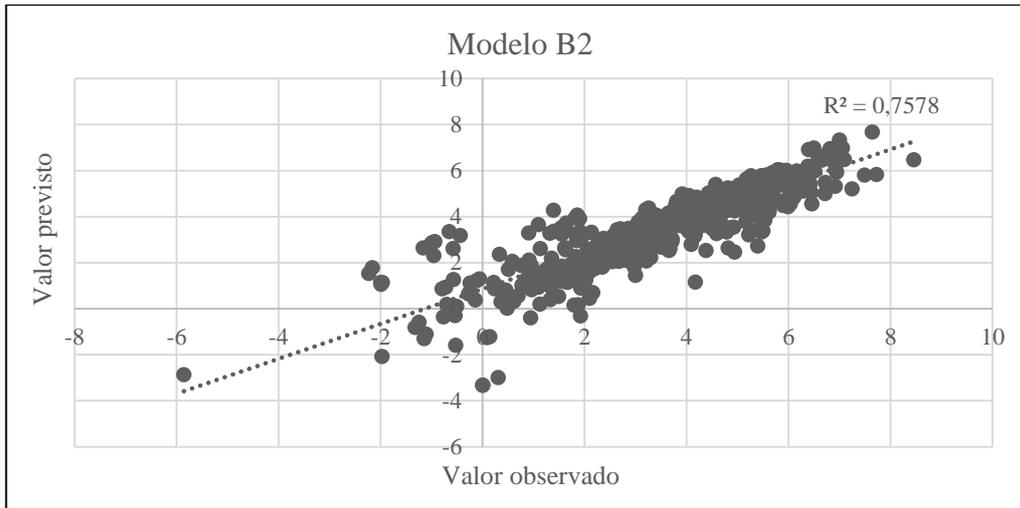


Figura 6-3: Gráfico do valor observado de LnB2B versus valor previsto pelo Modelo B2.

➤ **Alternativa 2**

O método novamente foi aplicado, desta vez partindo da seleção entre todas as variáveis transformadas. O resultado do método *stepwise* selecionou a variável *LnCC*, e os resultados da regressão são apresentados no Quadro 6-5.

Quadro 6-5: Resultados da regressão com as variáveis transformadas LnB2B e LnCC.

Modelo B3		Avaliação de utilidade				Avaliação dos resíduos			
Variável	Estimativa	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	VIF	Dist. Normal	Média	Levene	DW
Constante	-3,153	-	0,748	0,748	-	Aproximada	0,000	0,3710	1,164
LnCC	1,048	0,000							

**Histograma**  
Variável Dependente: LnB2B

**Gráfico P-P Normal de Regressão Resíduos padronizados**  
Variável Dependente: LnB2B

A utilização da variável Classe C se mostrou significativa e capaz de explicar 74,8% da variabilidade do fluxo B2B. A avaliação dos resíduos verificou o atendimento a todos os pressupostos, com exceção do pressuposto de independência, porém, por não se tratar de uma variável temporal, este fator não prejudica o resultado.

O gráfico do valor previsto *versus* observado (Figura 6-4) se assemelha ao gráfico resultante da regressão de  $LnCC$  e  $LnEmp$  (Modelo B2), com pontos distribuídos ao longo da linha de tendência, porém, ainda apresenta uma concentração de pontos em torno dos valores intermediários e uma dispersão nas extremidades, principalmente próximo à origem

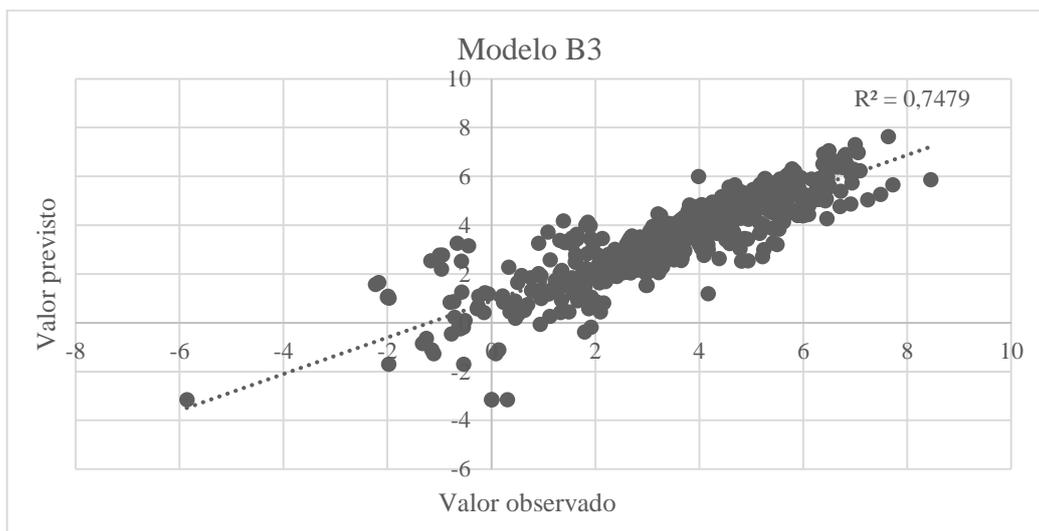


Figura 6-4: Valor previsto de  $LnB2B$  vs. valor observado pelo Modelo B3.

### ➤ Alternativa 3

Por fim, os dados foram agrupados e, para cada grupo, foi aplicado o procedimento para a geração dos modelos de regressão, cujos resultados são apresentados no Quadro 6-6.

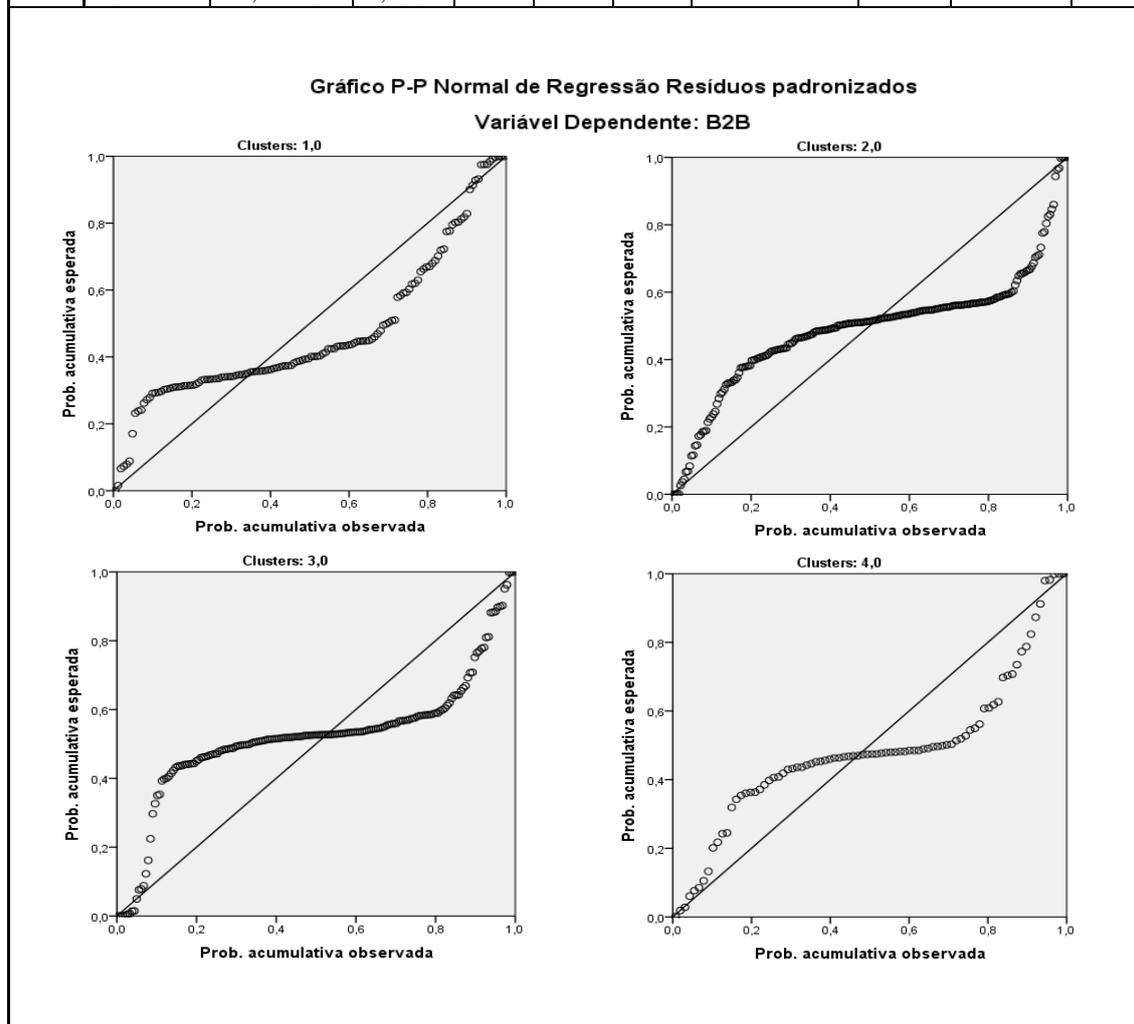
Nota-se, inicialmente, que todos em todos os *clusters* o fluxo é explicado pela combinação da variável Emprego com algum indicativo de renda (renda média, Classe C, Classe A ou Classe D). Todos os casos mostraram-se significantes e bem ajustados (todos com  $R^2$  acima de 0,9), a presença de multicolinearidade não foi verificada.

Já em relação aos resíduos, os *clusters* C2, C3 e C4 atenderam o pressuposto de homocedasticidade e independência, porém não foi verificada a distribuição normal dos resíduos. Já para o caso do C1, somente o pressuposto da independência foi atendido.

Apesar dos desvios de normalidade, o resultado não é tão afetado pois as amostras de cada *cluster* ainda são suficientemente grandes para absorver os desvios.

Quadro 6-6: Resultado da regressão dos *clusters* de B2B.

B2B – clusters			Avaliação de utilidade				Avaliação dos resíduos			
	Variável	Estimativa	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	VIF	Dist. Normal	Média	Levene	DW
C1 n=136	Constante	11,96618	-	0,982	0,981	2,413	Não	0,0000	9,21*10 <sup>-6</sup>	1,87
	Ren	-0,00026	0,0033							
	Emp	0,05608	0,0000							
C2 n=216	Constante	-8,03142	-	0,964	0,964	3,519	Não	0,0000	0,67294	2,20
	CC	0,02253	0,0000							
	Emp	0,02488	0,0000							
C3 n=173	Constante	-3,61678	-	0,983	0,983	1,273	Não	0,0000	0,31280	2,06
	Emp	0,01396	0,0000							
	CA	-0,00593	0,0000							
C4 n=84	Constante	3,76178	-	0,945	0,944	1,128	Não	0,0000	0,37072	2,06
	Emp	0,10948	0,0000							
	CD	0,00692	0,0228							



Os gráficos do valor previsto *versus* o valor observado são apresentados na Figura 6-5 e vê-se que os pontos ficaram melhor distribuídos ao longo das linhas de tendência, diferentemente do que foi visto no Modelo B1.

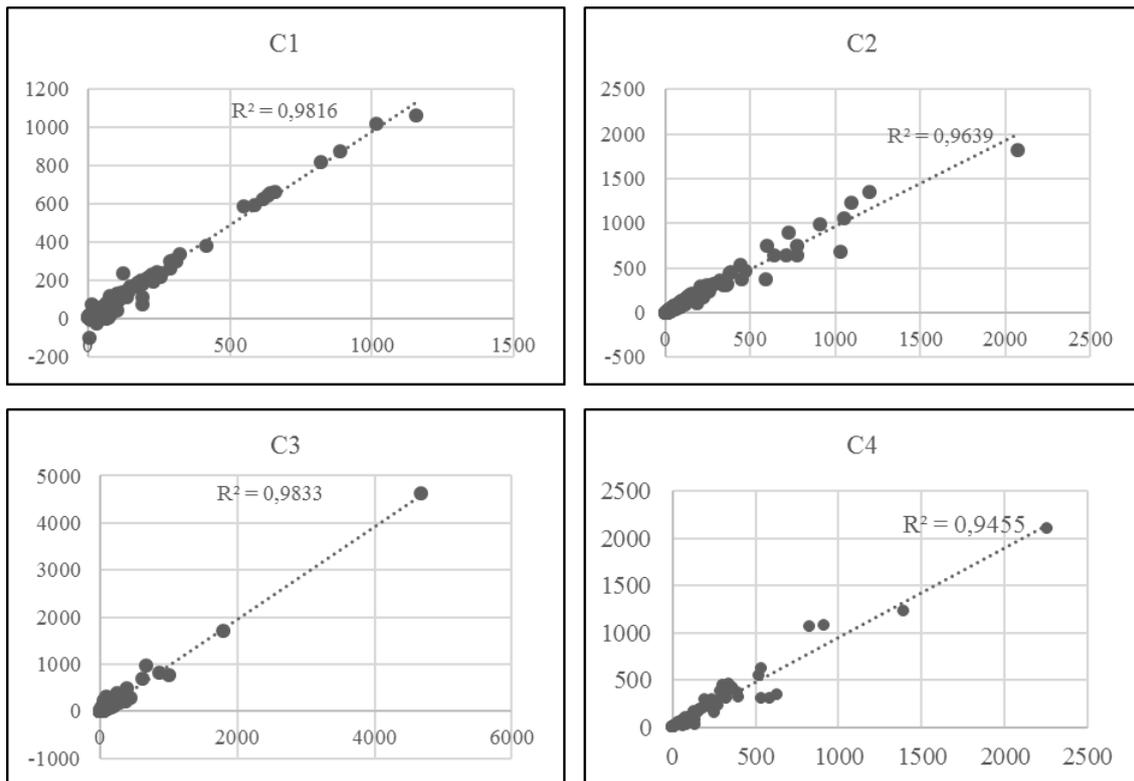


Figura 6-5: Gráficos do valor previsto de B2B (eixo y) vs. valor observado (eixo x), para os dados segmentados em grupos.

### ➤ Análise dos resultados

Em geral, todos os modelos estimados são capazes de explicar a geração de viagens de carga, evidenciando a relação entre o fluxo B2B e a renda média per capita dos domicílios e empregos na região. Isto foi notado principalmente nos resultados dos *clusters*, em que para todos os grupos, tinha-se a combinação da variável Emprego com algum indicativo de renda.

O Quadro 6-7 resume os resultados das alternativas aplicadas quando comparados ao resultado original do Modelo B1, considerando as alterações na normalidade e homocedasticidade dos resíduos, e no ajuste do modelo.

Quadro 6-7: Resumo dos resultados das alternativas aplicadas ao Fluxo B2B

Critérios	Alternativa 1 (Ln)	Alternativa 2 (Ln)	Alternativa 3			
			C1	C2	C3	C4
Normalidade	✓	✓	X	X	X	X
Homocedasticidade	✓	✓	X	✓	✓	✓
Ajuste	R <sup>2</sup> ↓	R <sup>2</sup> ↓	R <sup>2</sup> ↑	R <sup>2</sup> ↑	R <sup>2</sup> ↑	R <sup>2</sup> ↑

A transformação logarítmica testada nas Alternativas 1 e 2, mostrou-se capaz de corrigir os distúrbios de normalidade e heterocedasticidade dos resíduos, porém, resultou em modelos com  $R^2$  menor. Ao mesmo tempo, a transformação tornou o gráfico de  $y$  vs.  $\hat{y}$  mais disperso ao longo da reta, tanto no modelo B2 como no B3.

Os resultados do modelo B2 e B3 mostraram-se semelhantes e, inclusive, seus gráficos de  $y$  vs.  $\hat{y}$  (Figura 6-3 e Figura 6-4, respectivamente), são similares, o que indica que os modelos possuem potencial equivalente de explicarem o fluxo B2B.

A segmentação em *clusters* forneceu resultados com  $R^2$  maior, todos próximos a 1,00, e com o gráfico de  $y$  vs.  $\hat{y}$  mais concentrado em cima da linha de tendência. Contudo, não foi possível corrigir a normalidade dos resíduos em nenhum *cluster*, enquanto que a heterocedasticidade foi corrigida em todos com exceção de C1. De todo modo, verifica-se que relações evidenciadas pelos resultados ainda são válidas, e pode-se inferir que a segmentação dos dados pode ser benéfica ao estudar grupos grandes.

## 6.2.2 Fluxo B2H

A única variável selecionada, por meio do método *stepwise*, para ser utilizada no modelo do fluxo B2H foi a variável População. Os resultados do modelo se encontram no Quadro 6-8.

Quadro 6-8: Resultados da regressão do Fluxo B2H em função da variável População.

Modelo H1		Avaliação de utilidade			Avaliação dos resíduos				
Variável	Estimativa	p-valor	$R^2$	$R^2_a$	VIF	Dist. Normal	Média res	Levene	DW
Constante	-0,671	-	0,997	0,997	-	Não	0,000	0,9289	2,019
Pop	0,017	0,000							

**Histograma**  
Variável Dependente: B2H

Regressão Resíduos padronizados

**Gráfico P-P Normal de Regressão Resíduos padronizados**  
Variável Dependente: B2H

Os resultados apresentados sugerem que a equação explica perfeitamente a relação entre a população e o fluxo B2H, com um  $R^2$  igual a 0,997 e um gráfico do valor observado *versus* valor previsto (Figura 6-6) com pontos dispostos quase que totalmente na linha de tendência, exatamente como se espera de uma regressão linear.

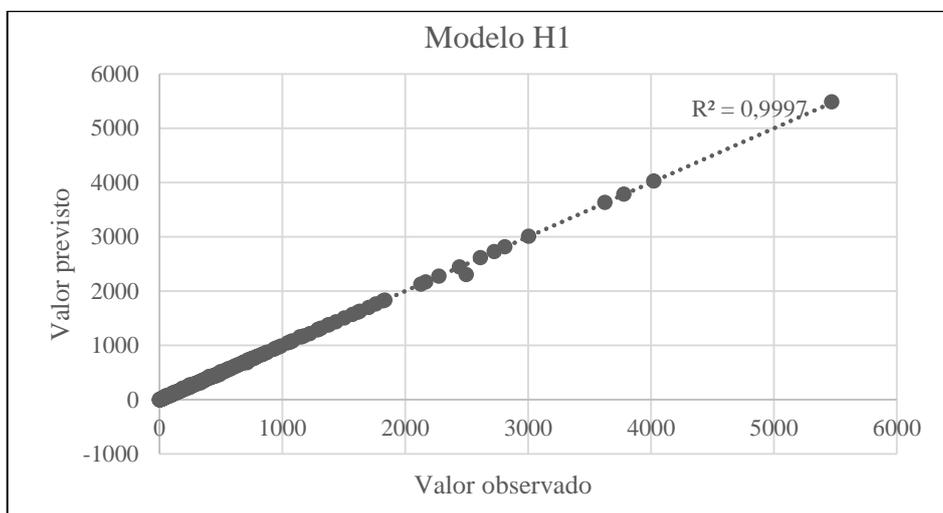


Figura 6-6: Gráfico de B2H observado *versus* previsto pelo Modelo H1.

A avaliação dos resíduos mostra que estes são homocedásticos e independentes, contudo, não são normalmente distribuídos. Em função da amostra ser suficientemente grande (com 618 observações), a não normalidade não invalida a equação.

#### ➤ Alternativa 1

Primeiramente, aplicou-se uma transformação normalizante nas variáveis  $B2H$  e  $Pop$  para verificar se o resultado poderia ser aprimorado. O melhor resultado foi obtido para a transformação  $\sqrt{B2H}$  e  $\sqrt{Pop}$ , que pode ser visto no Quadro 6-9. Nota-se que o resultado se manteve satisfatório para todos os critérios, e a distribuição dos resíduos se aproximou de uma distribuição normal.

Quadro 6-9: Resultados da regressão com as variáveis transformadas  $\sqrt{B2H}$  e  $\sqrt{Pop}$ .

Modelo H2		Avaliação de utilidade				Avaliação dos resíduos			
Variável	Estimativa	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	VIF	Dist. Normal	Média	Levene	DW
Constante	-0,039	-	0,999	0,999	-	Aproximada	0,000	0,765	1,973
$\sqrt{Pop}$	0,129	0,000							

Histograma

Variável Dependente: RZ\_B2H

Regressão Resíduos padronizados

Gráfico P-P Normal de Regressão Resíduos padronizados

Variável Dependente: RZ\_B2H

Analisando a Figura 6-7, que mostra o valor observado de  $\sqrt{B2H}$  versus o valor previsto pela equação, pode-se ver que esta regressão também se concentrou sobre a linha de tendência, comparado com a regressão sem transformação, apresentou uma melhor distribuição dos pontos ao longo da reta.

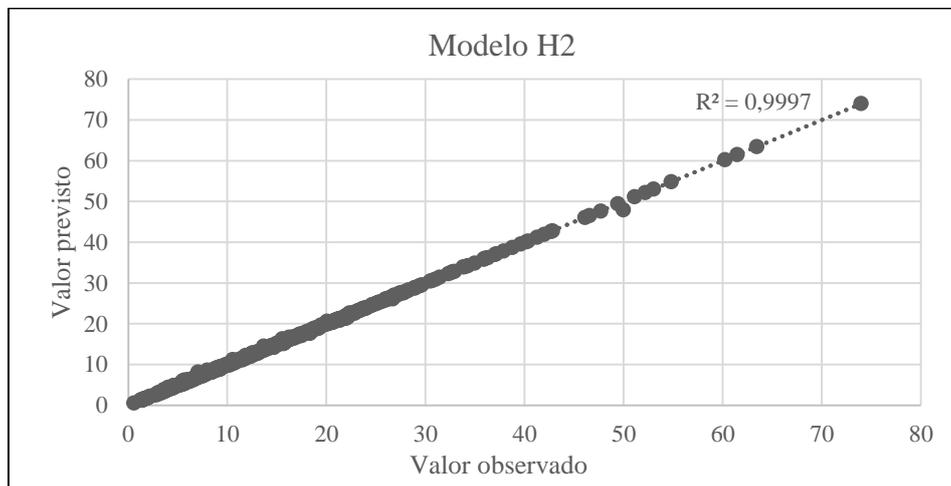


Figura 6-7: Gráfico do valor observado versus valor previsto de  $\sqrt{B2H}$

➤ **Alternativa 2**

Também se testou a aplicação do método com todas as variáveis transformadas, com início na etapa de seleção de variáveis. O melhor resultado encontrado, apresentado no

Quadro 6-10, foi para a transformação logarítmica de *B2H* com a mesma transformação da variável Domicílio.

Quadro 6-10: Resultados da regressão com as variáveis transformadas *LnB2H* e *LnDom*.

Modelo H3		Avaliação de utilidade			Avaliação dos resíduos				
Variável	Estimativa	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	VIF	Dist. Normal	Média	Levene	DW
Constante	-2,878	-	0,999	0,999	-	Aproximada	0,000	0,935	1,08
LnDom	0,988	0,000							

**Histograma**  
Variável Dependente: LnB2H

Média = -8,25E-14  
Desvio do Desv. = 0,999  
N = 616

**Gráfico P-P Normal de Regressão Resíduos padronizados**  
Variável Dependente: LnB2H

A variável domicílio se mostrou significativa na explicação do fluxo B2H, quando transformados, explicando 99,9% da variabilidade deste. Os resíduos apresentaram uma distribuição próxima de normal, média igual a zero e homocedasticidade. Por mais que estatística DW tenha sido baixa, como não se tratam de variáveis de series temporais, isto não afeta o resultado da regressão, que se mostrou bastante satisfatório.

O gráfico do valor observado *versus* o valor previsto de *LnB2H*, como exhibe a Figura 6-8, apresentou uma melhoria na distribuição dos pontos sobre a linha de tendência, com um maior espaçamento somente próximo a origem.

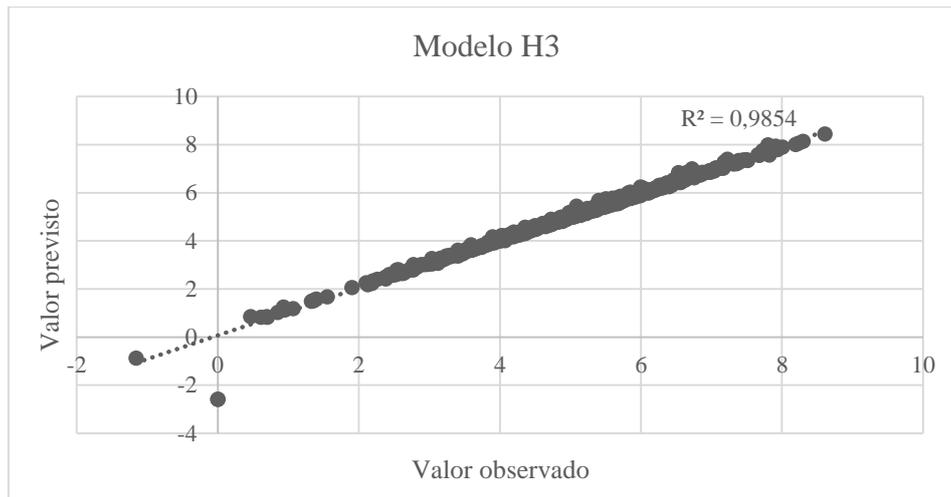


Figura 6-8: Valor observado vs. valor previsto de LnB2H.

### ➤ Alternativa 3

O Quadro 6-11 apresenta os resultados dos modelos de geração para os dados agrupados de *B2H*. A variável População está presente em todos os *clusters*, reforçando a relação desta variável com este fluxo, como foi visto nos modelos anteriores.

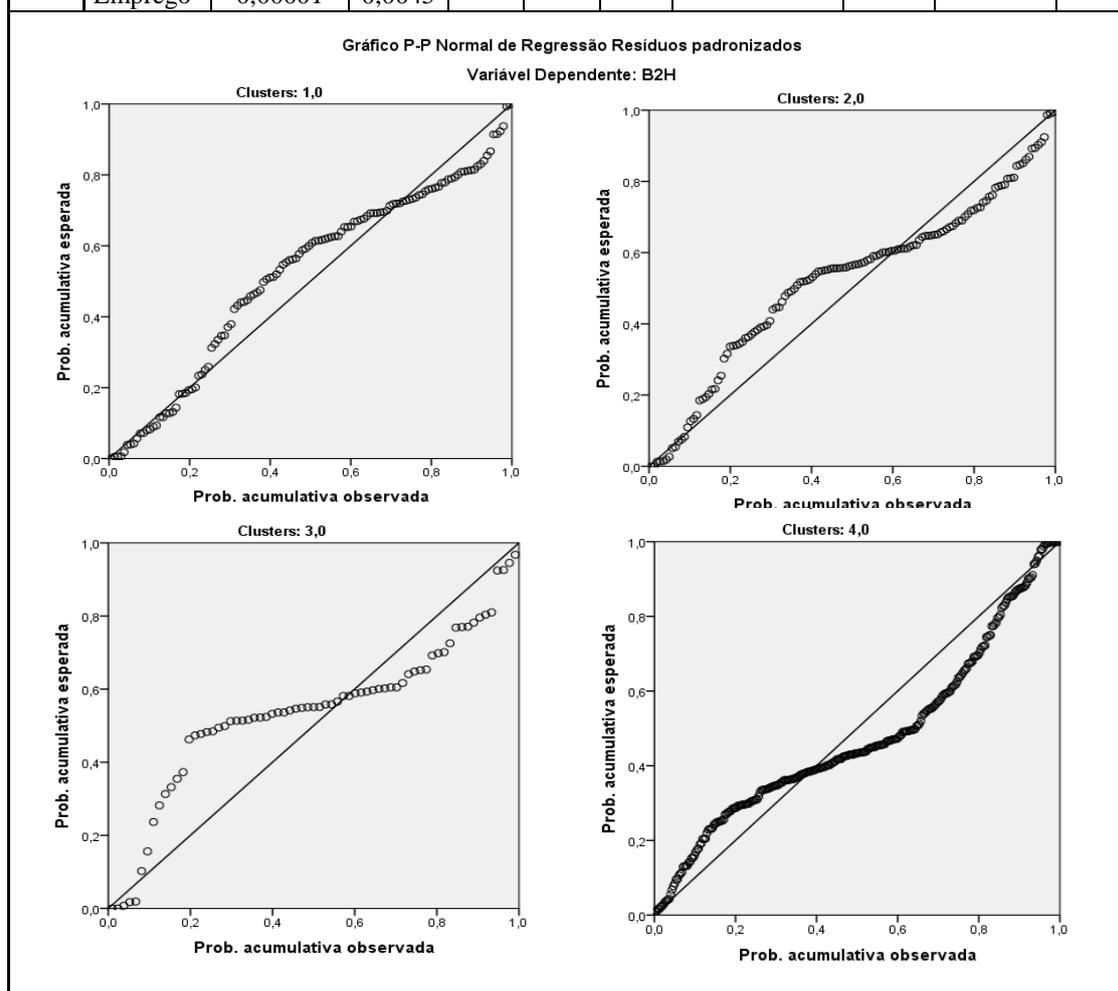
Em C1, a variável Área do bairro foi adicionada e considerada significativa para regressão, resultando em um  $R^2$  de praticamente 1,00, e o valor de VIF não foi grande o suficiente para indicar a multicolinearidade.

Já em C4, adicionou-se a variável Emprego, contudo, por mais que tenha sido considerada significativa e o  $R^2$  da equação seja igual a 1,00, o coeficiente desta variável é muito próximo de 0, sinalizando que esta variável possa não ter uma expressividade significativa na relação com o fluxo B2H.

Analisando os resíduos, percebeu-se que a distribuição dos resíduos se aproxima de normal em todos os *clusters*, exceto para C3, e todos apresentaram média dos resíduos igual a zero. Contudo, somente o modelo de C3 atendeu o pressuposto de homocedasticidade. E todos, com exceção de C1, apresentaram resíduos independentes. Apesar dos desvios de normalidade, o resultado não é tão afetado pois as amostras de cada *cluster* ainda são suficientemente grandes para amortecerem os desvios.

Quadro 6-11: Resultado da regressão dos *clusters* de B2H.

B2H – clusters			Avaliação de utilidade			Avaliação dos resíduos				
	Variável	Estimativa	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	VIF	Dist. Normal	Média	Levene	DW
C1 n=124	Constante	-4,15700	-	0,999	0,999	2,53	Sim	0,00	1,11*10 <sup>-5</sup>	1,42
	Km <sup>2</sup>	1,05864	0,0000							
	Pop	0,01745	0,0000							
C2 n=133	Constante	-0,50633	-	0,999	0,999	-	Sim	0,00	0,010	2,37
	Pop	0,01649	0,0000							
C3 n=69	Constante	-0,38011	-	0,998	0,998	-	Não	0,00	0,110	1,64
	Pop	0,01561	0,0000							
C4 n=290	Constante	0,54631	-	1,00	1,00	1,11	Sim	0,00	8,79*10 <sup>-5</sup>	2,17
	Pop	0,01669	0,0000							
	Emprego	0,00001	0,0045							



Os gráficos do valor previsto *versus* o valor observado são ilustrados na Figura 6-9 e é possível ver uma similaridade com os demais modelos deste fluxo, em que todos ficam distribuídos ao longo da linha de tendência.

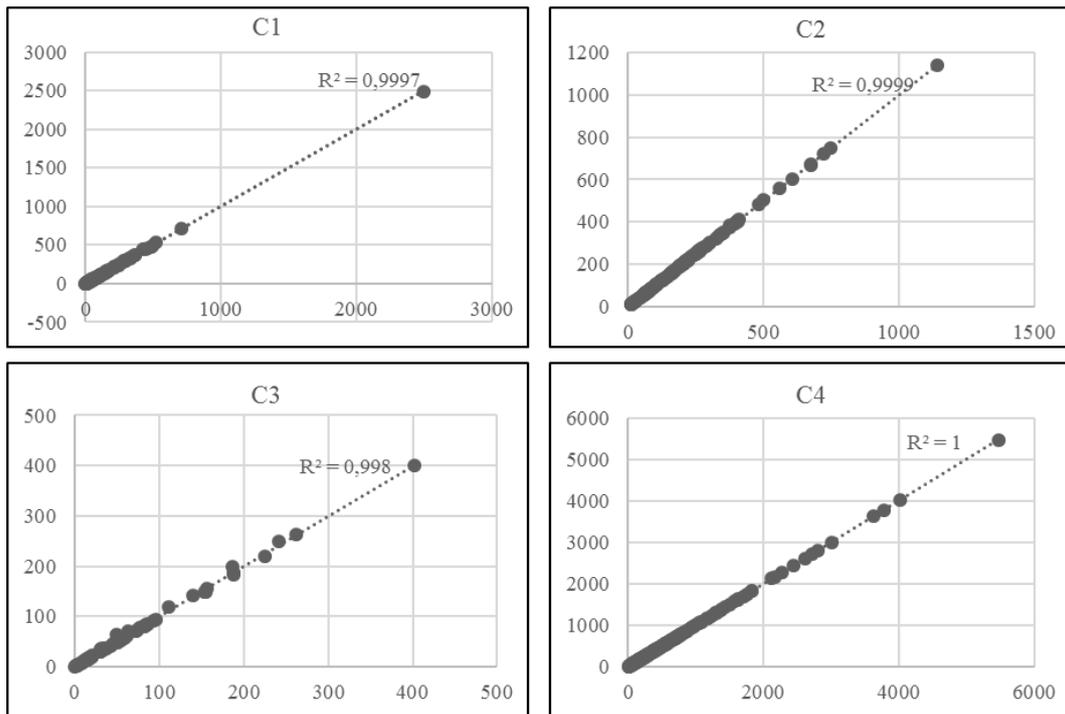


Figura 6-9: Gráficos do valor previsto de  $B2H$  (eixo y) vs. valor observado (eixo x), para os dados agrupados

### ➤ Análise dos resultados

Todos os modelos gerados para o fluxo B2H apresentaram ótimos resultados, com  $R^2$  igual a, ou aproximadamente, 1,00 para todos. A aplicação poderia ter sido encerrada com o modelo H1, visto que apesar de violar o pressuposto da normalidade dos resíduos, sua validade não foi comprometida (em função do tamanho da amostra) e seus resultados foram amplamente satisfatórios.

O Quadro 6-12 apresenta um resumo dos resultados das alternativas empregadas, comparando-as ao resultado original do Modelo H1, considerando alterações na normalidade e homocedasticidade dos resíduos, e no ajuste do modelo.

Quadro 6-12: Resumo dos resultados das alternativas aplicadas ao Fluxo B2H

Critérios	Alternativa 1 ( $\sqrt{\phantom{x}}$ )	Alternativa 2 (Ln)	Alternativa 3			
			C1	C2	C3	C4
Normalidade	✓	✓	✓	✓	X	✓
Homocedasticidade	✓	✓	X	X	✓	X
Ajuste	$R^2 \approx$	$R^2 \approx$	$R^2 \approx$	$R^2 \approx$	$R^2 \approx$	$R^2 \approx$

A aplicação das transformações nas variáveis foi suficiente para remediar a violação da normalidade dos resíduos e manteve os bons resultados previamente encontrados. A segmentação em *clusters*, entretanto, não obteve resultados tão consistentes. Somente no terceiro *cluster* foi possível corrigir heterocedasticidade e, ao mesmo tempo, este foi o único *cluster* a não apresentar correções da distribuição dos resíduos.

O modelo H3 evidenciou a existência da relação entre o fluxo B2H com variável Domicílios, quando transformadas em seus logaritmos naturais. Uma vez que o fluxo B2H é direcionado à residência do consumidor, essa relação se mostra bastante natural.

Contudo, a partir de todos os resultados de *B2H*, este mostrou possuir uma relação mais forte com a variável População, que foi selecionada em 6 dos 7 modelos gerados para este fluxo. Esta variável representa o número de moradores em domicílios particulares permanentes, indicando que o número de pessoas que residem nos domicílios seja mais influente no fluxo B2H que o número de domicílios propriamente dito.

O agrupamento dos dados evidenciou a relação de duas outras variáveis com o fluxo B2H, Área do bairro, em C1, e Emprego, em C4, ambas consideradas significantes e não multicolineares com a variável População. Entretanto, é importante destacar que, por mais que a variável emprego tenha sido considerada significativa, o coeficiente da variável é próximo de zero, podendo ser o caso de uma amostra muito grande (290 observações) que possui variáveis independentes consideradas significantes, mas que na verdade, possuem pouco efeito na variável dependente, assim como Gecchelle *et al.* (2011) argumentam a justificativa para a segmentação em *cluster*, indicando que uma nova segmentação deva ser realizada.

### **6.2.3 Fluxo Total**

Para o Fluxo Total, o método *stepwise* selecionou as variáveis Domicílios, Emprego e Classe A. O resultado da regressão destas variáveis, apresentado no Quadro 6-13, mostra que, a equação é capaz de explicar 97% da variabilidade do fluxo, porém, os resíduos não são normalmente distribuídos ou homocedásticos.

Quadro 6-13: Resultados da regressão com as variáveis Fluxo Total, Dom, Emp e CA.

Modelo T1		Avaliação de utilidade			Avaliação dos resíduos				
Variável	Estimativa	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	VIF	Dist. Normal	Média	Levene	DW
Constante	3,785	-	0,971	0,971	-	Não	0,000	1,27*10 <sup>-12</sup>	1,527
Dom	0,066	0,000			1,445				
Emp	0,013	0,000			1,342				
CA	-0,046	0,000			1,537				

**Histograma**  
Variável Dependente: Tot

**Gráfico P-P Normal de Regressão Resíduos padronizados**  
Variável Dependente: Tot

O gráfico do valor observado *versus* o valor previsto (Figura 6-10) indica a formação de uma reta, porém há uma grande concentração de pontos próximo a origem do gráfico e uma dispersão ao longo da reta, sugerindo um resultado medianamente satisfatório.

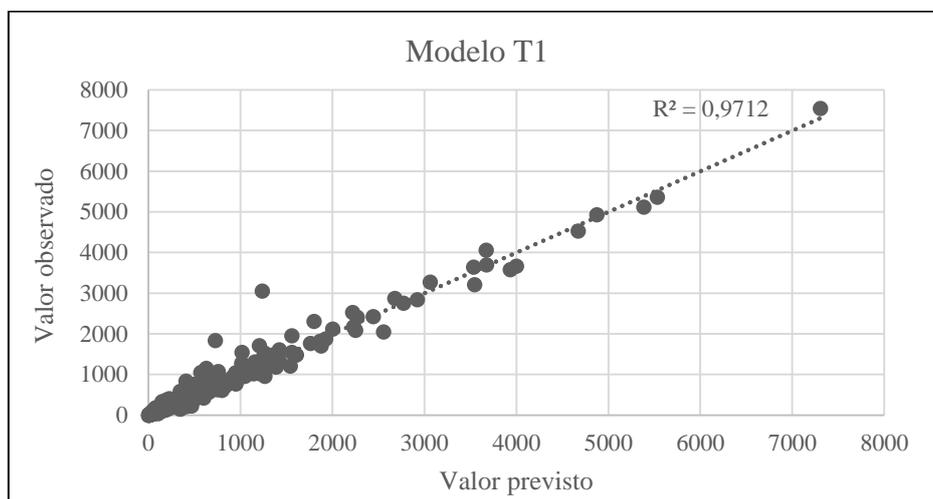


Figura 6-10: Valor p vs. valor observado para o fluxo Total

### ➤ Alternativa 1

Como tentativa de correção dos resultados anteriores, as variáveis do Modelo T1 foram transformadas em suas raízes quadradas e os resultados da regressão destas são apresentados no Quadro 6-14.

Quadro 6-14: Resultados da regressão com as variáveis transformadas de Fluxo Total, Dom, Emp e CA.

Modelo T2		Avaliação de utilidade			Avaliação dos resíduos				
Variável	Estimativa	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	VIF	Dist. Normal	Média	Levene	DW
Constante	-0,386	-	0,973	0,973	-	Aproximada	0,000	0,00012	1,609
RZ_Dom	0,242	0,000			2,173				
RZ_Emp	0,066	0,000			2,5				
RZ_CA	-0,09	0,000			2,194				

**Histograma**  
Variável Dependente: RZ\_TOT

Regressão Resíduos padronizados

**Gráfico P-P Normal de Regressão Resíduos padronizados**  
Variável Dependente: RZ\_TOT

Nota-se que a transformação manteve o R<sup>2</sup> próximo à 97% e foi capaz de aproximar a distribuição dos resíduos à uma normal com média zero, apesar de ainda apresentar desvios leves, e o valor de DW próximo a 2 sugere que os resíduos são independentes. Além disso, o gráfico da Figura 6-11 mostra uma melhor dispersão dos resultados ao longo da linha de tendência. Entretanto, verificou-se que os resíduos não atendem o pressuposto da homocedasticidade.

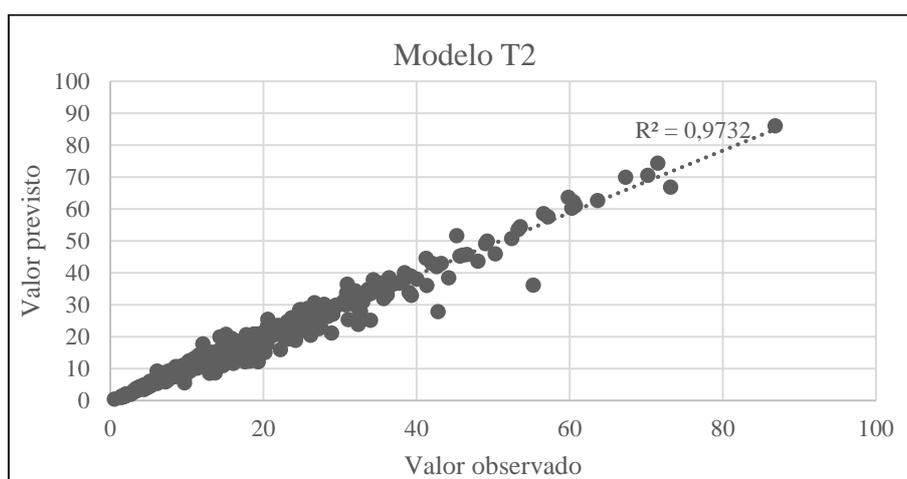
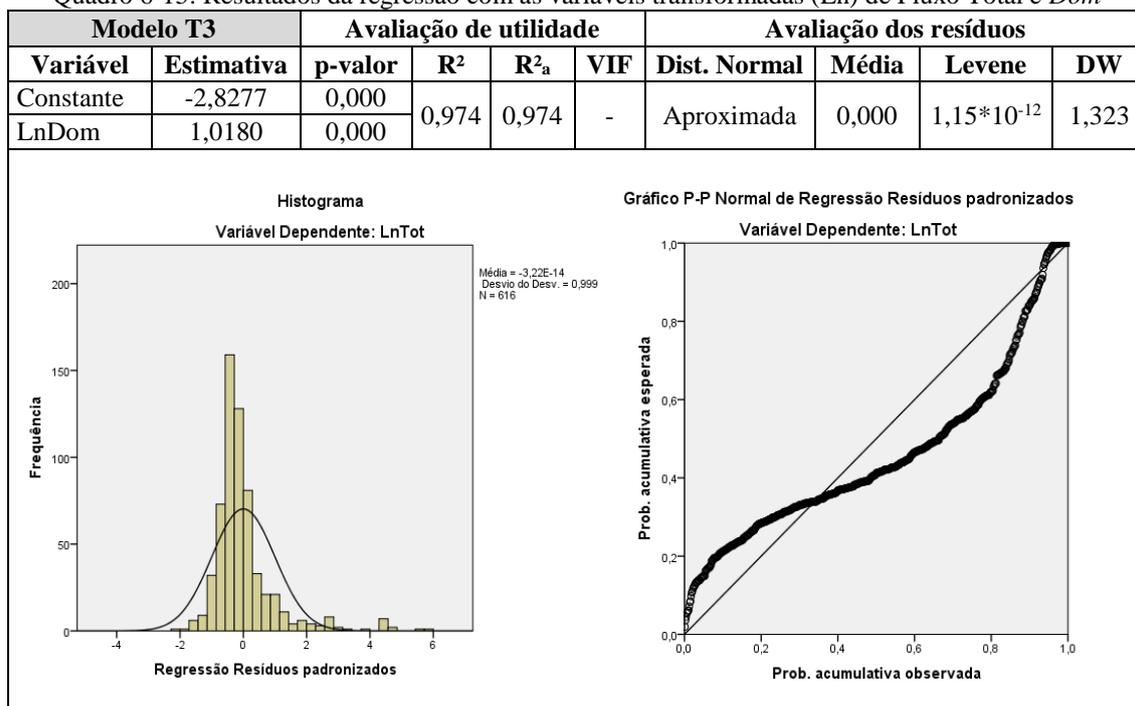


Figura 6-11: Valor previsto vs. valor observado para  $\sqrt{\text{Total}}$

➤ **Alternativa 2**

Como uma nova tentativa de correção desta violação, reiniciou-se a aplicação do método de regressão, porém desta vez, somente com variáveis transformadas. O melhor resultado, apresentado no Quadro 6-15, foi obtido para a transformação logarítmica das variáveis Fluxo Total e Domicílio.

Quadro 6-15: Resultados da regressão com as variáveis transformadas (Ln) de Fluxo Total e Dom



O modelo gerado a partir da transformação logarítmica das variáveis se mostrou bem ajustado, com um R<sup>2</sup> de 0,96, e a variável selecionada se mostrou significativa. Os resíduos do modelo apresentaram uma distribuição próxima da normal, porém não são homocedásticos ou independentes.

O gráfico do valor previsto *versus* o observado de *LnTot*, como exibe a Figura 6-12, ficou melhor distribuído ao longo da linha de tendência, com uma dispersão dos pontos próximo às extremidades da mesma.

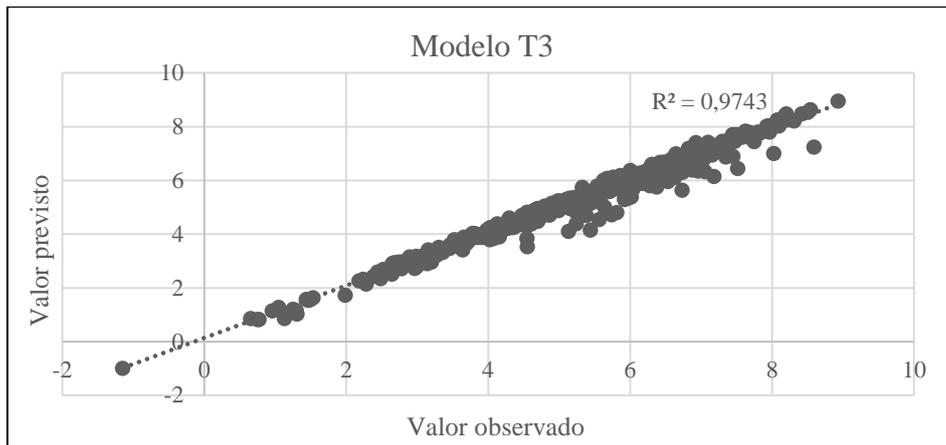


Figura 6-12: Valor previsto vs. valor observado para LnTotal.

### ➤ Alternativa 3

Finalmente, a regressão dos dados agrupados do fluxo Total apresentou os resultados exibidos no Quadro 6-16.

Todas as equações encontradas possuem variáveis significantes e  $R^2$  alto, próximo a 1,00, indicando que são equações bem ajustadas.

A regressões múltiplas (C1 e C4) não apresentaram multicolinearidade entre suas variáveis independentes, e ambas fizeram uso da variável Emprego, enquanto que as regressões simples (C2 e C3) empregaram a variável domicílio.

Os resultados se mostraram heterogêneos quanto aos resíduos. Somente C4 apresentou uma distribuição próxima de normal, e ainda assim, com desvios. Os demais *clusters* desviaram da curva normal, porém, pelo tamanho das amostras de cada um, pode-se desconsiderar esse resultado. Em relação a homocedasticidade, somente C3 e C4 que atenderam o pressuposto.

Apenas os resíduos de C2 e C4 que se mostraram independentes, contudo, como nenhuma variável de C1 e C3 é derivada de series temporais, este resultado pode ser ignorado.

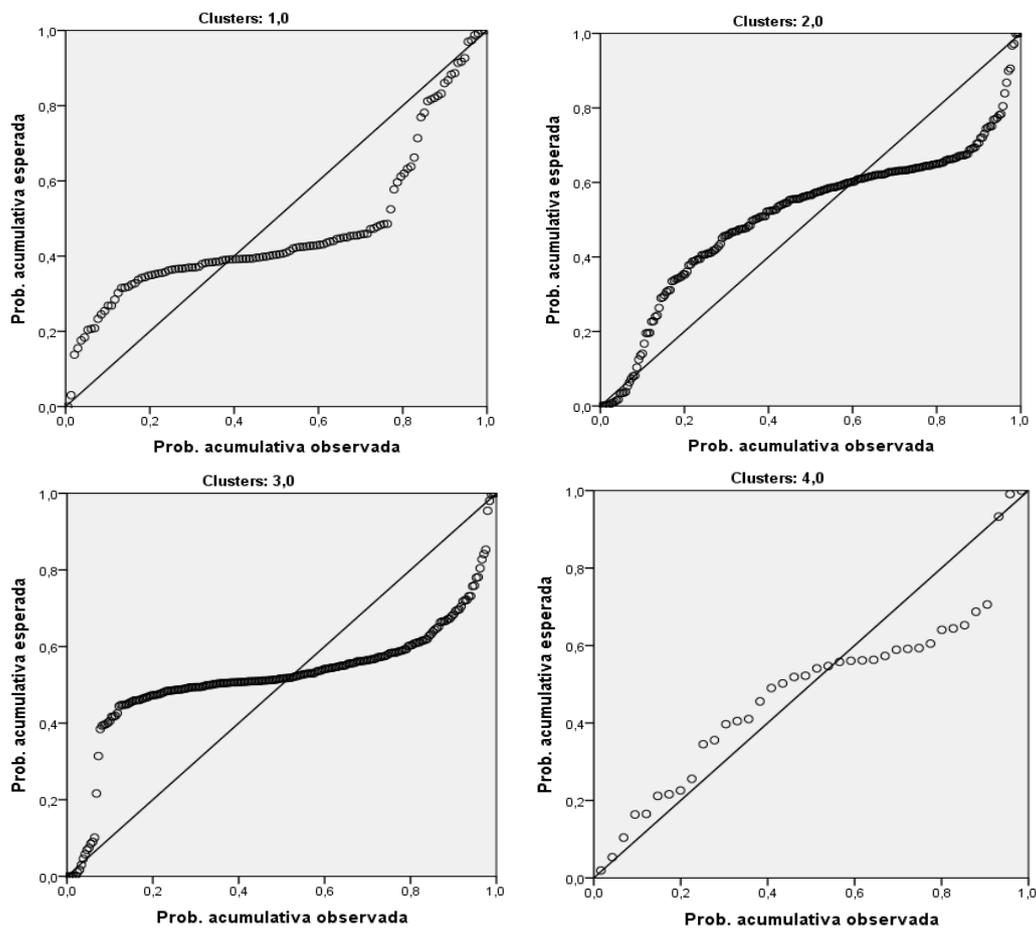
Os gráficos do valor previsto *versus* o valor observado são ilustrados na Figura 6-9 e é possível ver uma melhoria na dispersão dos pontos ao longo da linha de tendência, e uma redução das concentrações em partes da reta.

Quadro 6-16: Resultado da regressão dos *clusters* de Total.

Total – clusters			Avaliação de utilidade				Avaliação dos resíduos			
	Variável	Estimativa	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	VIF	Dist. Normal	Média	Levene	DW
C1 n=125	Constante	20,65060	-	0,994	0,994	1,854	Não	0,0000	0,00289	1,495
	Emprego	0,00279	0,0000							
	Dom	0,07298	0,0000							
C2 n=226	Constante	-8,23025	-	0,999	0,999	-	Não	0,0000	0,00770	2,083
	Dom	0,06749	0,0000							
C3 n=227	Constante	-0,58133	-	0,995	0,995	-	Não	0,0000	0,29344	1,252
	Dom	0,05791	0,0000							
C4 n=38	Constante	-34,63672	-	0,947	0,942	1,186	Aproximada	0,0000	0,89741	2,243
	Classe_E	0,29488	0,0000							
	Emprego	0,00714	0,0000							
	Classe_B	0,37480	0,0000							

Gráfico P-P Normal de Regressão Resíduos padronizados

Variável Dependente: Fluxo total



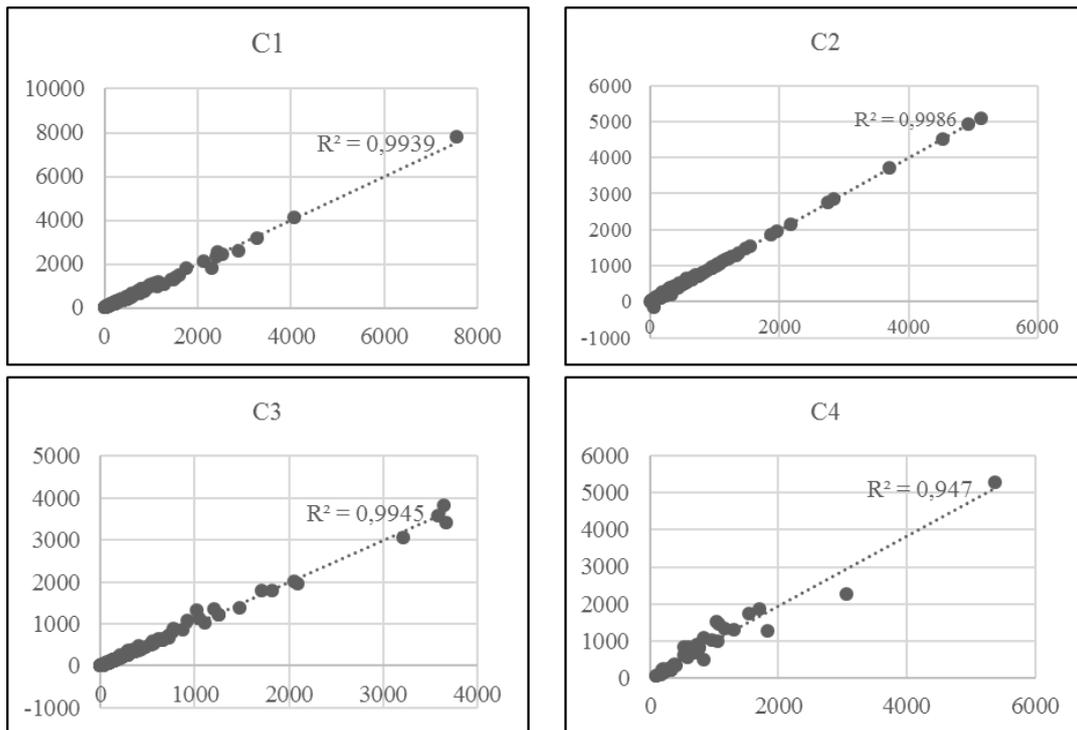


Figura 6-13: Gráficos do valor previsto de Total (eixo y) vs. valor observado (eixo x), para os dados agrupados.

### ➤ Análise dos Resultados

O fluxo total se mostrou relacionado, principalmente, com a variável domicílio. Todos os modelos para as amostras completas possuem esta variável, que se mostrou relevante e contribuiu na explicação de 97% da variabilidade do Fluxo Total.

Inicialmente, o modelo T1 apresentou uma equação que inclui, além da variável Domicílio, as variáveis Emprego e Classe A. Porém esta regressão violou os pressupostos de normalidade e homocedasticidade.

O Quadro 6-17 apresenta um resumo dos resultados das alternativas empregadas, comparando-as ao resultado original do Modelo T1, considerando alterações na normalidade e homocedasticidade dos resíduos, e no ajuste do modelo.

Quadro 6-17: Resumo dos resultados das alternativas aplicadas ao Fluxo Total.

Critérios	Alternativa 1 (√)	Alternativa 2 (Ln)	Alternativa 3			
			C1	C2	C3	C4
Normalidade	✓	✓	X	X	X	✓
Homocedasticidade	X	X	X	X	✓	✓
Ajuste	$R^2 \approx$	$R^2 \approx$	$R^2 \uparrow$	$R^2 \uparrow$	$R^2 \uparrow$	$R^2 \downarrow$

A transformação aplicada para corrigir essas violações só foi capaz de corrigir a normalidade, aproximando a distribuição dos resíduos à uma normal, mantendo os valores de  $R^2$  próximos aos do modelo T1.

Na Alternativa 2, o método *stepwise* foi aplicado às variáveis transformadas e selecionou somente a variável Domicílio, cuja regressão desta com o fluxo foi capaz de apresentar distribuição normal dos resíduos, porém, violou os pressupostos de homocedasticidade e de independência. Como a variável é de corte transversal, a independência dos resíduos pôde ser desconsiderada, e como a heterocedasticidade não influencia as estimativas, este resultado se mantém válido.

Os modelos para os *clusters* apresentaram, também, a variável Domicílio, reforçando a existência da relação entre esta e o fluxo Total. Além disso, os *clusters* C1 e C4 adicionaram a variável emprego, e o C4 adicionou, também, as variáveis Classe E e Classe B. Todas as relações encontradas aqui apresentaram  $R^2$  próximo a 1,00, indicando que as relações entre essas variáveis são capazes de explicar muito bem este fluxo. Destaca-se, também, que a separação em *cluster* foi capaz de aumentar o ajuste da regressão quando comparado aos modelos com a amostra completa.

Em geral, todos os modelos apresentaram violações dos pressupostos, exceto o *cluster* C4, porém, os resultados ainda podem ser considerados válidos, capazes de explicar mais de 97% da variabilidade das viagens geradas do Fluxo Total.

### **6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este capítulo foi capaz de atingir seu objetivo de avaliar a utilidade do procedimento proposto no Capítulo 5, aplicando este a RMRJ. O Quadro 6-18 apresenta um resumo dos resultados da aplicação, exibindo as variáveis que apresentaram relação com os fluxos de carga, tanto na análise com a amostra completa, como com a amostra segmentada

Quadro 6-18: Fluxos de carga estudados e variáveis que os explicam, segundo resultados da aplicação do procedimento.

<b>Fluxo</b>	<b>Análise completa</b>	<b>Análise de <i>Clusters</i></b>
<b>B2B</b>	Emprego Classe C	Renda média Emprego Classe A, C e D
<b>B2H</b>	População Domicílios	População Área do bairro Emprego
<b>Total</b>	Domicílios Emprego Classe A	Domicílios Emprego Classe B e E

O Fluxo Total revelou estar relacionado com o número de domicílios e com as variáveis emprego e classe, sendo esta A na análise completa, e B e E, na análise de *clusters*. Entretanto, destaca-se que a segmentação dos dados foi capaz de apresentar resultados mais detalhados, possibilitando melhores interpretações ao tratar os fluxos separadamente.

Os resultados para o Fluxo B2B sugeriram a existência da relação deste com a variável emprego e com alguma variável que caracterize a renda do local, seja em função da renda dos domicílios, como as variáveis de classes, ou da renda média da população residente nos bairros. Este resultado indica que áreas que tenham uma maior concentração de empregos tenderão a receber um maior fluxo de carga. Deve-se atentar, contudo, que em função da diversidade da natureza dos empregos, as variáveis relacionadas à renda servirão como forma de aperfeiçoar o resultado.

Já o Fluxo B2H apresentou forte relação com a variável População, apesar de ser possível ver que as variáveis domicílios, emprego e área do bairro também são capazes de explicar este fluxo. A partir disto, depreende-se que áreas com alta concentração de habitantes tendem a receber maiores fluxos de carga desta natureza, ou seja, estes locais devem ser preparados para receber a atividade de carga, dispondo de locais para carga e descarga e vias com dimensões adequadas para receber o tráfego de veículos de carga.

Vale ressaltar que, com a evolução e inclusão tecnológica, o setor de *e-commerce* (comércio eletrônico) tende a se desenvolver mais, impactando diretamente neste fluxo. Sendo assim, este resultado é capaz de auxiliar diretamente no planejamento estratégico de empresas deste setor, cuja maior demanda se dará para essas áreas com maior número de habitantes.

Por fim, destaca-se que todos os modelos gerados apresentaram p-valor das variáveis inferiores a 0,05, ou seja, todas as variáveis apresentadas mostraram ser estatisticamente relevantes e podem ser utilizadas para explicar a geração de viagens de carga na RMRJ.

## 7 CONCLUSÃO

O desenvolvimento desta dissertação foi orientado a atender seus objetivos principais e específicos, e responder o problema de pesquisa formulado.

A realização da revisão sistemática permitiu identificar na literatura as possíveis variáveis que explicam a geração de viagens de carga em áreas urbanas. Os resultados da revisão mostraram que, em geral, as variáveis utilizadas podem ser classificadas em dois grupos, aquelas relacionadas a características de estabelecimentos ou do setor de atividade, e aquelas relacionadas a informações da região em estudo. De acordo com os resultados, 54% dos estudos utilizaram variáveis que refletem características do estabelecimento, como: área construída, número de vagas de estacionamento, área de venda, número de funcionários, características operacionais e da frota, entre outros. Por outro lado, 46% dos trabalhos usaram variáveis que refletem características regionais, tais como, população, número de domicílios, postos de emprego, tipo de uso do solo e renda.

Procurou-se, também, identificar as ferramentas matemáticas com potencial de explicar e analisar a geração de viagens. Novamente, a revisão sistemática permitiu atingir este objetivo específico, concluindo que o método mais usado é o de Regressão Linear, seguido do método de taxas de viagens, que juntos foram vistos em 62% dos trabalhos. Além desses métodos, foram vistas aplicações dos métodos Input-Output, Análise de classificação múltipla, Redes Neurais e Regressões espaciais, exponenciais, polinomiais, logísticas, entre outras.

Ao mesmo tempo, tinham-se os objetivos específicos de elaborar um procedimento para analisar a geração de viagens de cargas em áreas urbanas, cumprido no Capítulo 5, e analisar se as viagens de cargas geradas na RMRJ podem ser explicadas por características socioeconômicas da região, o que foi realizado aplicando o procedimento proposto ao caso da RMRJ, como apresentou o Capítulo 6.

Foram analisados os fluxos B2B, B2H e Total (resultante da soma dos dois anteriores). As variáveis testadas foram: Emprego, Domicílios, População residente, Renda média mensal, Área do bairro e Classe A, B, C, D e E (referentes ao rendimento per capita nos domicílios).

Inicialmente, destaca-se que todos os modelos gerados apresentaram p-valor inferiores a 0,05, ou seja, todas as variáveis são relevantes e podem ser utilizadas para explicar a geração de viagens de carga. Além disso, os modelos se mostraram bem ajustados, sendo 74,8% o menor valor encontrado para  $R^2$ , o que sugere que possuem alta capacidade de explicar a geração de viagens de carga.

Os resultados indicam que o Fluxo B2B possui relação com a variável emprego e alguma variável indicativa de Renda, seja ela em função de classes ou da renda média do bairro. Considerando que o fluxo se dá de empresas a empresas, a relação deste com a variável emprego é um resultado natural. Desta forma, é possível que as variáveis relacionadas com renda possam ter sido empregadas somente para aprimorar o resultado, classificando melhor a relação, não compondo a essência da relação.

Já o fluxo B2H mostrou uma ótima relação com a população residente, visto que esta variável aparece em todos os modelos gerados, com exceção do modelo H3, e que em todos o  $R^2$  foi igual a 1, ou seja, as equações geradas são capazes de prever valores de viagens deste fluxo muito próximos da realidade. A partir da confirmação da existência da relação linear entre essas variáveis, pode-se concluir que áreas com alta concentração de habitantes tendem a receber maiores fluxos de carga desta natureza, ou seja, locais com esta característica devem apresentar boas condições espaciais para receber esse tipo de atividade, como por exemplo, locais para carga e descarga e vias com dimensões adequadas para receber o tráfego de veículos de carga, de modo a reduzir os impactos causado pelo TUC.

Destaca-se, também, que com a evolução e inclusão tecnológica, o setor de *e-commerce* (comércio eletrônico) tende a se desenvolver mais, impactando diretamente neste fluxo. Sendo assim, este resultado é capaz de auxiliar diretamente no planejamento estratégico de empresas deste setor, cuja maior demanda se dará para essas áreas com maior número de habitantes.

O Fluxo Total, por sua vez, mostrou estar relacionado, principalmente, com o número de domicílios. Foi vista também a relação deste com a variável Emprego e Classes A, B e E. Todas as relações encontradas retornaram valores de  $R^2$  próximos a 1,00, indicando que as relações entre essas variáveis são capazes de explicar muito bem este fluxo.

Em geral, a maioria dos modelos violou pelo menos um pressuposto dos resíduos, sendo a violação da normalidade vista mais frequentemente. Contudo, como visto no Capítulo 4, o pressuposto da normalidade é o pressuposto da regressão mais comumente violado, porém só representa um problema grave para o caso de amostras pequenas. A regressão é robusta em relação a erros não-normais, ou seja, as inferências derivadas da análise de regressão tendem a permanecer válidas mesmo quando o pressuposto de erros normais não é exatamente satisfeito (KEITH, 2015; MENDENHALL E SINCICH, 2012).

A independência dos resíduos foi outro pressuposto repetidamente violado nos resultados apresentados da seção 6.2, entretanto, em todos os casos as variáveis representam dados de corte transversal, e a autocorrelação pode ser resultante da ordem de entrada de dados (DOANE; SEWARD, 2011). De todo modo regressão também é robusta em face a violações moderadas, e seus resultados são mantidos válidos apesar das violações (KEITH, 2015).

A heterocedasticidade dos resíduos pode ampliar os intervalos de confiança e afetar os erros padrão, conseqüentemente, impactando a significância estatística, entretanto, a heterocedasticidade não influencia as estimativas (DOANE E SEWARD, 2011; KEITH, 2015; MONTGOMERY E RUNGER, 2014).

Em alguns casos, as transformações aplicadas foram capazes de corrigir as violações dos pressupostos, mas isto não se mostrou como regra pois em algumas situações as transformações acarretavam nas mesmas violações ou em violações de pressupostos diferentes. Sendo assim, acredita-se que aplicações futuras do procedimento, se por ventura vierem a usar o método de regressão linear, devam realizar a aplicação de todas as alternativas aqui abordadas, com intuito de ter mais informações para avaliar os modelos gerados.

Em geral, trabalhar com *clusters* permite um nível de detalhamento maior da amostra, que pode ser suficiente para evidenciar a existência de melhores relações lineares entre as variáveis. Confirma-se isso, primeiramente, ao notar que a segmentação em *clusters* foi capaz de aumentar o  $R^2$  das relações para todos os fluxos. Além disso, pôde-se ver que nos gráficos de valores previstos *versus* valores observados, mostrados na Figura 6-5, Figura 6-9 e Figura 6-13, a formação de uma reta é claramente visível e os dados não se dispersam da mesma forma que os dados das amostras completas.

Ademais, confirma-se isto, também, ao comparar os resultados dos fluxos B2B e B2H com o fluxo Total. Pelo último representar a soma dos outros dois, vê-se que a tentativa de analisar os dados já representa uma segmentação dos mesmos, que possibilitou um melhor nível de detalhamento da amostra e, conseqüentemente, melhores resultados. Vê-se isso, inclusive, pelo fato dos fluxos B2B e B2H terem apresentado resultados melhores separados do que juntos, formando o Fluxo Total. Ou seja, quanto maior o nível de detalhamento dos dados, melhores serão os resultados e, conseqüentemente, menor a chance de existirem regressões espúrias.

Por mais que alguns *clusters* não tenham verificado todos os pressupostos dos resíduos, as relações evidenciadas pelos resultados ainda são válidas, e pode-se inferir que a segmentação dos dados pode ser benéfica ao estudar grupos grandes.

Desta forma, constata-se que foi possível atingir o objetivo principal e responder o problema de pesquisa desta dissertação, validando as hipóteses de que a regressão linear pode ser aplicada, e de que variáveis socioeconômicas podem explicar a geração de viagens de carga.

Este estudo limitou-se a aplicar o método de regressão, contudo, por mais que a regressão seja robusta às violações dos pressupostos dos resíduos, questiona-se se este é o melhor método para ser usado em estudos de geração de viagens de carga. Sendo assim, recomenda-se que trabalhos futuros testem outros métodos matemáticos, tais como Redes Neurais, Input-Output ou Regressão espacial, podendo os conduzir utilizando o procedimento proposto.

Além disso, como visto nos trabalhos consultados na revisão sistemática, variáveis relacionadas a estabelecimentos ou setores de atividades podem também ser usadas. Sugere-se, desta forma, que trabalhos futuros procurem utilizar variáveis com essas características, bem como, testem outras variáveis regionais, como empregos por setores de atividade, população economicamente ativa, tipo de uso do solo, entre outros, de forma a criar conhecimento para, cada vez mais, reduzir o *gap* de pesquisa existente acerca deste tema.

A não realização de uma análise cruzada entre os resultados da revisão sistemática representa uma limitação deste estudo, sendo assim, sugere-se que esta seja conduzida

com objetivo esclarecer as relações entre variáveis, métodos e cortes geográficos, dos modelos presentes na literatura, especificando, especialmente, quais variáveis e métodos são aplicadas ao meio urbano.

Sugere-se, também, que sejam conduzidos estudos com uma maior desagregação dos dados, analisando setores de atividades diferentes e analisando a produção e atração de viagens separadamente, de certa forma promovendo uma segmentação dos dados, que poderão fornecer resultados mais precisos.

Este estudo foi limitado a analisar os *clusters* estatisticamente, não sendo possível analisar a composição dos grupos, detalhando suas características. Desta forma, recomenda-se que outros trabalhos realizem esta análise ou conduzam uma análise exploratória de dados espaciais podendo permitir interpretações mais detalhadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-BATTAINEH, O.; KAYSI, I. Commodity-Based Truck Origin-Destination Matrix Estimation Using Input-Output Data and Genetic Algorithms. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1923, p. 37–45, 2005.

AL-BATTAINEH, O.; KAYSI, I. A. Genetically-optimized origin-destination estimation GOODE model: Application to regional commodity movements in Ontario. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 34, n. 2, p. 228–238, 2007.

AL-DEEK, H. M. Comparison of two approaches for modeling freight movement at seaports. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 15, n. 4, p. 284–291, 2001.

ALHO, A.; SILVA, J. A. Freight-Trip Generation Model. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2411, p. 45–54, 2014.

ALLEN, W. G. **Development of Truck Models**. Transportation Consultant. Mitchells, Estados Unidos. 2002.

ALLEN, J.; ANDERSON, S.; BROWNE, M. e JONES, P. **A framework for considering policies to encourage sustainable urban freight traffic and goods/service flows**. University of Westminster. Londres, Inglaterra. 2000.

BARONE, V.; CROCCO, F.; MONGELLI, D. W. E. Freight Transport Demand Models for Applications in Urban Areas. **Applied Mechanics and Materials**, v. 442, p. 634–644, 2014.

BASTIDA, C.; HOLGUÍN-VERAS, J. Freight Generation Models: Comparative Analysis of Regression Models and Multiple Classification Analysis. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2097, p. 51–61, 2009.

BEAGAN, D.; FISCHER, M.; KUPPAM, A. **Quick Response Freight Manual II**. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. 2007

BINSBERGEN, A. V.; VISSER, J. **Innovation Steps Towards Efficient Goods Distribution Systems for Urban Areas - Efficiency Improvement of Goods Distribution in Urban Areas**. PhD Thesis, The Netherlands TRAIL Research School. Delft. 2001

BROGAN, J.; BRICH, S.; DEMETSKY, M. Identification and Forecasting of Key Commodities for Virginia. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1790, p. 73–79, 2002.

CAMBRIDGE SYSTEMATICS. **Quick Response Freight Manual**. Federal Highway

Administration, U.S. Department of Transportation. 1996

CAMPOS, V. B. G. e MELO, I. C. Análisis de la demanda de transporte de carga en área urbana bajo el punto de vista de la producción y de la atracción de viajes. **Anais do VI Congresso de Ingeniería del Transporte**. Zaragoza, Espanha. 2004

CAMPOS, V. B. G. **Planejamento de transportes: conceitos e modelos**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2013.

CANTILLO, V.; JALLER, M.; HOLGUÍN-VERAS, J. The Colombian Strategic Freight Transport Model Based on Product Analysis. **PROMET - Traffic&Transportation**, v. 26, p. 487–496, 2014.

CHU, H.-C. C. Empirical Method for Predicting Internal-External Truck Trips at a Major Port. **Journal of Transportation Engineering**, v. 137, n. 7, p. 496–508, 2011.

CROCCO, F.; DE MARCO, S.; IAQUINTA, P.; MONGELLI, D. Freight transport in urban areas: An integrated system of models to simulate freight demand and passengers demand for purchase trips. **International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences**, v. 4, n. 4, 2010.

DABLANC, L. Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 41, n. 3, p. 280–285, 2007.

DAISA, J.; SCHMITT, M.; REINHOFER, P.; HOOPER, K.; BOCHNER, B.; SCHWARTZ, L. **NCHRP Report 758: Trip Generation Rates for Transportation Impact Analyses of Infill Developments**. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board. Washington, D.C., United States. 2013

DOANE, D. P.; SEWARD, L. E. **Applied Statistics in Business and Economics**. 3rd. ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2011.

EBIAS, D. G. **Um estudo exploratório do modelo de geração de viagens para bares e restaurantes na região central de Belo Horizonte**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2014

FACCHINI, D. **Análise dos GAPS de percepção dos atores envolvidos no transporte urbano de carga em Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2006.

FISCHER, M.; ANG-OLSON, J.; LA, A. External urban truck trips based on commodity flows: A model. **Transportation Research Record**, n. 1707, p. 73–80, 2000

GASPARINI, A. **Atratividade do Transporte de Carga para Pólos Geradores de Viagem em áreas Urbanas**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, RJ. 2008.

GECHELE, G. ROSSI, R.; GASTALDI, M.; CAPRINI, A. Data Mining methods for Traffic monitoring data analysis: A case study. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 20, p. 455–464, 2011.

GIULIANO, G. et al. Estimating Freight Flows for Metropolitan Area Highway Networks Using Secondary Data Sources. **Networks and Spatial Economics**, v. 10, n. 1, p. 73–91, 2010.

GIULIANO, G. **Approaches to Managing Freight in Metropolitan Areas**. City Logistics Research: A Transatlantic Perspective. Washington, D.C. United States. 2013.

GONÇALVES, M. R. **Desenvolvimento e teste de um novo modelo gravitacional - de oportunidades para distribuição de viagens**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, SC. 1992.

GONZALEZ-FELIU, J.; SEMET, F.; ROUTHIER, J. **Sustainable Urban Logistics: Concepts, Methods and Information Systems**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014.

HAIR JR., J. F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E. **Multivariate Data Analysis**. 7<sup>th</sup> ed. Pearson Prentice Hall, 2014.

HOLGUÍN-VERAS, J. et al. Freight Generation, Freight Trip Generation, and Perils of Using Constant Trip Rates. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2224, p. 68–81, 2011.

HOLGUIN-VERAS, J.; JALLER, M.; SANCHEZ-DIAZ, I.; WOJTOWICZ, J.; CAMPBELL, S.; LEVINSON, H.; LAWSON, C.; POWERS, E. L.; TAVASSZY, L. **NCHRP Report 739/NCFRP Report 19: Freight Trip Generation and Land Use**. Transportation Research Board. Washington, D.C., United States. 2012

HOLGUÍN-VERAS, J.; SANCHEZ-DIAZ, I.; LAWSON, C. T.; JALLER, M.; CAMPBELL, S.; LEVINSON, H. S.; SHIN, H.S. Transferability of Freight Trip Generation Models. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2379, p. 1–8, 2013.

HOLGUÍN-VERAS, J.; LÓPEZ-GENAO, Y.; SALAM, A. Truck-Trip Generation at Container Terminals: Results from a Nationwide Survey. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1790, n. 1, p. 89–96, jan. 2002.

IBEAS, A.; MOURA, J. L.; NUZZOLO, A.; COMI, A. Urban Freight Transport Demand: Transferability of Survey Results Analysis and Models. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 54, p. 1068–1079, 2012.

IBGE. **Censo demográfico – 2010**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Rio de Janeiro, RJ. 2010

IDING, M. H. E.; MEESTER, W. J.; TAVASSZY, L. A. **Freight trip generation by firms**. 42<sup>nd</sup> European Congress of the Regional Science Association. 2002.

ITE. **Trip Generation: An ITE Informational Report**. Institute of Transportation Engineers, Washington, DC, United States. 2008.

JALLER, M.; SÁNCHEZ-DÍAZ, I.; HOLGUÍN-VERAS, J. Identifying Freight Intermediaries: Implications for Modeling of Freight Trip Generation Miguel. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2478, p. 48–56, 2015.

KAWAMURA, K.; SHIN, H.; MCNEIL, S.; OGARD, L. **Business and Site Specific Trip Generation Methodology for Truck Trips**. Chicago: 2008

KEITH, T. Z. **Multiple Regression and Beyond: An Introduction to Multiple Regression and Structural Equation Modeling**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Routledge, 2015.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. 2007.

KLODZINSKI, J. et al. Development of a Java Applet for Generating Truck Trips from Freight Data. **Transportation Research Record**, v. 1870, n. 1, p. 10–17, 2004.

KULPA, T. Freight Truck Trip Generation Modelling at Regional Level. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 111, p. 197–202, 2014.

LAWSON, C. et al. Estimated Generation of Freight Trips Based on Land Use. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2269, n. 2269, p. 65–72, 2012.

LOPES, S. B. **Efeitos da dependência espacial em modelos de previsão de demanda por transportes**. Dissertação (mestrado), Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP. 2005.

MACHARIS, C.; MELO, S. **City distribution and Urban freight transport: Multiple perspectives**. Edward Elgar. 2011

MAGALHÃES, S. L. M. **Planejamento de transporte de um aglomerado urbano com**

**intermodalidade por meio de um modelo de transportes integrados.** Tese (doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

MARRA, C. **Caracterização de demanda de movimentações urbanas de carga.** Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 1999.

MCCLAVE, J. T.; BENSON, P. G.; SINCICH, T. **Statistics for bussiness and economics.** 10th. ed. Pearson Prentice Hall, 2009.

MCCORMACK, E.; TA, C.; BASSOK, A.; FISHKIN, E. **Truck Trip Generation by Grocery Stores.** Seattle, Estados Unidos, 2010.

MCKINNON, A. et al. **Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics.** Gre: Kogan Page Limited, 2010.

MENDENHALL, W.; SINCICH, T. **A second course in statistics: regression analysis.** 7th. ed. Boston: Prentice Hall, 2012.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers.** 6th. Ed. John Wiley & Sons, Inc, 2014.

MTE. **Relação Anual de Informações Sociais - RAIS.** Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília, DF. 2013.

MUÑUZURI, J.; CORTÉS, P.; ONIEVA, L.; GUADIX, J. Modelling peak-hour urban freight movements with limited data availability. **Computers & Industrial Engineering**, v. 59, n. 1, p. 34–44, ago. 2010.

MUÑUZURI, J. CORTÉS, P.; ONIEVA, L.; GUADIX, J. Estimation of Daily Vehicle Flows for Urban Freight Deliveries. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 138, n. 1, p. 43–52, mar. 2012

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D.C.; VINING, G. G.; ROBINSON. T. J.; **Generalized Linear Models - With Applications in Engineering and the Sciences.** 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley & Sons, 2010.

NOVAK, D. C.; HODGDON, C.; GUO, F.; AULTMAN-HALL, L. Nationwide Freight Generation Models: A Spatial Regression Approach. **Networks and Spatial Economics**, v. 11, n. 1, p. 23–41. 2011.

NUZZOLO, A.; COMI, A. Urban freight demand forecasting: A mixed quantity/delivery/vehicle-based model. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 65, n. 1, p. 84–98. 2014.

NUZZOLO, A.; CRISALLI, U.; COMI, A. A Restocking Tour Model for the Estimation of O-D Freight Vehicle in Urban Areas. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 20, p. 140–149, 2011.

OECD. **Delivering the Goods - 21st Century Challenges to Urban Goods Transport**. Organisation For Economic Co-Operation And Development. Paris, France. 2003.

OGDEN, K. W. **Urban Goods Movement, a Guide to Policy and Planning**. London, England, Ashgate Publishing. 1992.

OGUNSANYA, A. A. D. E. Estimating Intra-Urban Freight Generation and Attraction. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 18A, n. 3, p. 181–189, 1984.

OLIVEIRA, G. F. DE; OLIVEIRA, L. K. DE. Stakeholder's Perceptions of City Logistics: An Exploratory Study in Brazil. **Transportation Research Procedia**, v. 12, n. June 2015, p. 339–347, 2016.

ORSINI, D. GAVAUD, O.; BOURHIS, P. L. LOGISTICS FACILITIES IMPACTS ON THE TERRITORY – RATIOS FOR THE FRENCH WAREHOUSES. **Association for European Transport**, p. 1–12, 2009.

PDTU. **Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Secretaria de Estado de Transportes. Governo do Estado do Rio de Janeiro. 2014

RUSSO, F.; COMI, A. Urban freight movement : a quantity attraction model. **First International Conference on Sustainable Planning and Development**, v. 6, p. 711–720, 2002.

RUSSO, F.; COMI, A. A classification of city logistics measures and connected impacts. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 2, n. 3, p. 6355–6365, 2010.

SÁNCHEZ-DÍAZ, I.; HOLGUÍN-VERAS, J.; WANG, X. An exploratory analysis of spatial effects on freight trip attraction. **Transportation**, v. 43, n. 1, p. 177–196, 2014.

SARVAREDDY, P. et al. Evaluation of Two Modeling Methods for Generating Heavy-Truck Trips at an Intermodal Facility by Using Vessel Freight Data. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1906, n. -1, p. 113–120, 2005.

SEBER, G. A. F.; LEE, A. J. **Linear Regression Analysis**. 2nd. ed. Auckland: John Wiley & Sons, Inc, 2003.

SILVA, M. O.; GOLDNER, L. G. Determinação dos padrões de viagens e taxas de geração de viagens de automóveis e caminhões para indústrias : o caso de Tubarão / SC. **Revista Transportes**, v. XVIII, n. 1, p. 65–74, 2010.

SORRATINI, J.; SMITH JR., R. Development of a Statewide Truck Trip Forecasting Model Based on Commodity Flows and Input-Output Coefficients. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1707, n. 1707, p. 49–55, 2000.

TADI, R. R.; BALBACH, P. Truck Trip Generation Characteristics of Nonresidential Land Uses. **ITE Journal**, p. 43–47, 1994.

WAGNER, T. Regional traffic impacts of logistics-related land use. **Transport Policy**, v. 17, n. 4, p. 224–229, 2010.

WALISZEWSKI, J. M.; AHANOTU, D. N.; FISCHER, M. J. Comparison of Commodity Flow Forecasting Techniques in Montana. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1870, n. 1, p. 1–9, 2004.

WEGMANN, F. J. CHATTERJEE, A.; LIPINSKI, M. E.; JENNINGS, B. E.; MCGINNIS, R. E. **Characteristics of Urban Freight Systems**. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, 1995.

WISSETJINDAWAT, W.; SANO, K.; MATSUMOTO, S. Commodity Distribution Model Incorporating Spatial Interactions for Urban Freight Movement. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1966, n. July 2005, p. 41–50, 2006.

WOUDSMA, C. Understanding the Movement of Goods, Not People: Issues, Evidence and Potential. **Urban Studies**, v. 38, n. 13, p. 2439–2455, 2001.