



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES**

LARISSA ALMEIDA MATIAS DE LIMA BATISTA

**ANÁLISE DOS ATRIBUTOS DO PROCESSO DE ESCOLHA VEICULAR PARA
MOVIMENTAÇÃO URBANA DE CARGAS**

**FORTALEZA
2018**

LARISSA ALMEIDA MATIAS DE LIMA BATISTA

**ANÁLISE DOS ATRIBUTOS DO PROCESSO DE ESCOLHA VEICULAR PARA
MOVIMENTAÇÃO URBANA DE CARGAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de Concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Vieira Bertoncini.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B337a Batista, Larissa Almeida Matias de Lima.

Análise dos atributos do processo de escolha veicular para movimentação urbana de cargas / Larissa Almeida Matias de Lima Batista. – 2018.
144 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Bruno Vieira Bertoncini.

1. Transporte Urbano de Cargas. 2. Escolha Modal. 3. Veículo Comercial. 4. Atributos. 5. LMPC. I.
Título.

CDD 388

LARISSA ALMEIDA MATIAS DE LIMA BATISTA

**ANÁLISE DOS ATRIBUTOS DO PROCESSO DE ESCOLHA VEICULAR PARA
MOVIMENTAÇÃO URBANA DE CARGAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de Concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.

Aprovada em: 07/02/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Bruno Bertoncini (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Moraes de Oliveira Neto (Examinador Interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Leise Kelli de Oliveira (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, que proporciona todas as bênçãos na minha vida, e que me concede força e proteção. Aos meus pais, Antônia Almeida de Lima e Luis Matias de Lima, por terem se esforçado para me dar uma educação de boa qualidade, por acreditarem em mim e nos meus sonhos. À minha irmã, Layana Almeida Matias de Lima, por sempre estar do meu lado e por ser uma grande amiga.

Ao meu esposo, David Mosiah Terceiro Batista, agradeço por sempre estar comigo nos momentos mais importantes, pela compreensão, incentivo e inspiração. Agradeço também pela dedicação, paciência e amor durante todo o mestrado, que me deram forças nos períodos mais difíceis.

Ao professor Bruno Bertoncini, em especial, pela orientação, disposição em ajudar e pelo direcionamento necessário no desenvolvimento deste trabalho. Aos professores Leise Kelli e Francisco Moraes pelas contribuições valiosas, comentários, sugestões e disponibilidade que me ajudaram a melhorar este trabalho. Aos excelentes professores Felipe Loureiro, Flávio Cunto e Manoel Mendonça, agradeço o aprendizado e crescimento que me proporcionaram.

Aos meus amigos que conquistei durante o mestrado e a todos os amigos que me apoiam, agradeço o aprendizado mútuo e companheirismo. Ao professor Osmar Souza, pela ajuda ao fornecer o *software*. À Liciane Goettems, pelo auxílio na elaboração dos questionários e incentivo. Aos sindicatos e a todos que me ajudaram no fornecimento dos contatos das transportadoras, agradeço pela disponibilidade e empatia. Aos gestores logísticos das empresas pesquisadas, pelas informações que contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

À FUNCAP, pelo apoio financeiro.

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho é analisar os fatores chaves que afetam a tomada de decisão quanto à escolha do veículo comercial para o transporte urbano de cargas no Brasil. A decisão sobre qual veículo a ser utilizado em uma determinada entrega ou coleta em área urbana exige considerável esforço, principalmente devido ao aumento da complexidade do processo de distribuição de carga, que é resultado da crise no modelo de mobilidade adotado nas grandes cidades. Com isso, existem atributos que influenciam a escolha das características do veículo pelos tomadores de decisão que estão relacionados a diferentes conjuntos de variáveis, como àquelas relacionadas ao próprio veículo, à mercadoria, à área de entrega, às restrições decorrentes de políticas externas e às exigências advindas da própria operação, como sistemas de produção *just-in-time*. Para tal, uma Revisão Sistemática (RS) foi conduzida com o intuito de revisar a literatura sobre os atributos considerados na escolha modal do transporte de carga. Depois disso, foi realizada uma coleta de dados a fim de verificar a aderência desses atributos à realidade estudada. Através dessas etapas, observa-se sinergia entre os atributos encontrados na literatura e os fatores considerados importantes, pelos gestores logísticos, para a escolha do veículo a ser utilizado no transporte de mercadorias urbanas no Brasil. A partir da análise desses resultados, foi possível projetar um experimento de pesquisa de preferência declarada, que foi aplicada para transportadoras de todo o Brasil. O modelo Logit Multinomial com Probabilidade Condicional, sendo uma das técnicas de modelagem de escolha discreta, foi utilizado para quantificar a relação dos fatores potenciais que afetam a escolha do veículo comercial. Os resultados advindos da modelagem foram analisados e, por meio disso, verificou-se que os principais atributos, são: cumprimento da programação, zonas de restrição à circulação de veículos de carga, acessibilidade do local da entrega/coleta, existência de local adequado para carga e descarga, idade do veículo, tamanho do veículo e utilização do tipo de veículo escolhido pelo cliente.

Palavras-chave: Transporte Urbano de Cargas, Escolha Modal, Veículo Comercial, Atributos, LMPC, Logística Urbana.

ABSTRACT

The decision of vehicular mode choice by the companies to freight transportation in urban areas requires considerable effort, mainly by the growth in complexity of the urban freight distribution process that the results of the crisis in the mobility model adopted in the large Brazilian cities. With this, there are attributes that influence the commercial vehicle choice by the decision makers that are related to different sets of variables, such as those related to the vehicle, the cargo, the delivery region, restrictions resulting from external policies and the requirements from the operation, as just-in-time production systems. Recognizing this challenge, the objective of this paper is to seek a better understanding of the decision making regarding the commercial vehicle choice in urban freight transport in Brazil, through the identification and analysis of its key factors. The Methodology of Systematic Review (MSR) was conducted in order to review the literature about the attributes considered in the modal choice of freight transportation. A survey was carried out in order to verify the adherence of these attributes to the studied reality. Through these steps, we can analyze synergy between the attributes found in the literature and the factors considered important by logistics managers of decisions in choice of commercial vehicular mode in urban areas in Brazil. By the analysis of these results, it was possible to design a research experiment of stated preference, which was applied in carriers from all over Brazil. Discrete choice modeling technique, particularly multinomial logit, was used to quantify the relationship between decisions on the choice of commercial vehicular mode and their affecting factors. The results of the modeling were analyzed and was verified that the main attributes are: scheduling compliance, circulation constraints as per the size of the vehicle, accessibility of the delivery / collection, existence of suitable place for loading and unloading, age of vehicle, size of vehicle and use of the type of vehicle chosen by the customer.

Keywords: Freight Urban Transportation; Urban Logistics; Commercial Vehicle, Choice, Attributes, LMPC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura por categorias.....	43
Figura 2 – Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura na categoria mercadoria....	43
Figura 3 – Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura na categoria empresa.....	44
Figura 4 – Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura na categoria veículo.....	44
Figura 5 – Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura na categoria viagem.....	45
Figura 6 – Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura na categoria nível de serviço.....	45
Figura 7 – Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura na categoria custos.....	46
Figura 8 – Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura para o TUC.....	47
Figura 9 – Ocorrência dos atributos para escolha do TUC na categoria mercadoria.....	48
Figura 10 – Ocorrência dos atributos para escolha do TUC na categoria veículo.....	48
Figura 11 – Ocorrência dos atributos para escolha do TUC na categoria empresa.....	49
Figura 12 – Ocorrência dos atributos para escolha do TUC na categoria custos.....	49
Figura 13 – Ocorrência dos atributos para escolha do TUC na categoria viagem.....	50
Figura 14 – Número de funcionários.....	77
Figura 15 – Cargo dos entrevistados.....	78
Figura 16 – Tipos de produtos transportados.....	78
Figura 17 – Regiões de atuação das empresas entrevistadas.....	79
Figura 18 – Atributos da categoria viagem.....	80
Figura 19 – Atributos da categoria mercadoria.....	81
Figura 20 – Atributos da categoria mercadoria.....	83
Figura 21 – Atributos da categoria veículo.....	95
Figura 22 – Cargo dos entrevistados.....	95
Figura 23 – Produtos transportados.....	96

Figura 24 – Região de atuação das empresas.....	97
Figura 25 – Tipos de veículos utilizados.....	98
Figura 26 – Número de clientes por parada.....	99
Figura 27 – Número de entregas/coletas por viagem.....	99
Figura 28 – Importância relativa dos atributos da categoria viagem.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese de trabalhos de divisão modal de veículos comerciais na Inglaterra...	24
Tabela 2 – Síntese dos tipos de veículos utilizados para o transporte urbano de cargas....	40
Tabela 3 – Síntese dos atributos relevantes na literatura.....	40
Tabela 4 – Comparação entre Preferência Revelada e Preferência Declarada.....	54
Tabela 5 – Medidas descritivas dos atributos de escolha veicular sob a ótica do transportador na técnica <i>rating</i>	69
Tabela 6 – Medidas descritivas dos atributos da categoria veículo sob a ótica do transportador na técnica <i>ranking</i>	69
Tabela 7 – Medidas descritivas dos atributos da categoria veículo sob a ótica do transportador na técnica <i>rating</i>	76
Tabela 8 – Medidas descritivas dos atributos da categoria veículo sob a ótica do transportador na técnica <i>ranking</i>	81
Tabela 9 – Medidas descritivas dos atributos da categoria mercadoria sob a ótica do transportador na técnica <i>ranking</i>	82
Tabela 10 – Medidas descritivas dos atributos da categoria veículo sob a ótica do transportador na técnica <i>ranking</i>	84
Tabela 11 – Atributos da viagem selecionados e respectivos níveis.....	85
Tabela 12 – Atributos do veículo selecionados e respectivos níveis.....	87
Tabela 13 – Total de alternativas possíveis (fatorial completo) da categoria viagem.....	87
Tabela 14 – Total de alternativas possíveis (fatorial completo) da categoria veículo.....	90
Tabela 15 – Montagem do projeto de experimento da categoria viagem.....	91
Tabela 16 – Montagem do projeto de experimento da categoria veículo.....	94
Tabela 17 – Resultados obtidos na categoria viagem.....	101
Tabela 18 – Resultados obtidos na categoria veículo após retirada dos dados discrepantes pelo <i>software</i>	102

Tabela 19 – Resultados obtidos na categoria veículo.....	103
Tabela 20 – Resultados obtidos na categoria veículo após retirada dos dados discrepantes pelo <i>software</i>	104
Tabela 21 – Resultados obtidos na categoria veículo após retirada dos dados discrepantes manualmente.....	104
Tabela 22 – Probabilidade dos cenários analisados individualmente.....	105
Tabela 23 – Utilidade dos atributos avaliados em relação à utilidade máxima do item avaliado na categoria veículo.....	106
Tabela 24 – Utilidade e probabilidade dos cenários analisados para os entrevistados.....	107
Tabela 25 – Probabilidade dos cenários analisados individualmente.....	109
Tabela 26 – Utilidade dos atributos avaliados em relação à utilidade máxima do item avaliado na categoria veículo.....	110
Tabela 27 – Utilidade e probabilidade dos cenários analisados para os entrevistados.....	111
Tabela 28 – Probabilidade dos cenários analisados individualmente.....	112

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	TRANSPORTE URBANO DE CARGA E O DESAFIO DA ESCOLHA VEICULAR.....	18
2.1	Dificuldades enfrentadas na movimentação urbana de carga e logística urbana.....	19
2.2	Veículos empregados no transporte urbano de cargas.....	21
2.2.1	<i>Veículos para movimentação de cargas urbanas - Holguín-Veras (2002).....</i>	21
2.2.2	<i>Veículos para movimentação de carga urbana - Stefan et al. (2005).....</i>	21
2.2.3	<i>Veículos para movimentação de cargas urbanas - Prata e Arruda (2007).....</i>	22
2.2.4	<i>Veículos para movimentação de cargas urbanas - Wang e Hu (2012).....</i>	22
2.2.5	<i>Veículos para movimentação de cargas urbanas - Silva (2012).....</i>	23
2.2.6	<i>Veículos para movimentação de cargas urbanas - Cherrett et al. (2012).....</i>	23
2.2.7	<i>Veículos para movimentação de cargas urbanas - Abate e Jong (2014).....</i>	21
2.2.8	<i>Considerações sobre os veículos utilizados).....</i>	26
2.3	Considerações finais.....	28
3	ATRIBUTOS POTENCIAIS PARA A ESCOLHA MODAL NO TRANSPORTE DE CARGA.....	20
3.1	Síntese dos atributos relevantes.....	40
3.2	Atributos para a escolha do veículo urbano de carga no Brasil.....	46
3.3	Considerações finais.....	50
4	MODELAGEM PARA A COMPREENSÃO DA ESCOLHA VEICULAR..	51
4.1	Modelo Logit Multinomial.....	53
4.2	Modelo Logit Multinomial com Probabilidade Condicional.....	55
4.3	Coleta de dados para modelagem da escolha veicular.....	56
4.3.1	<i>Preferência Revelada (PR) e Declarada (PD).....</i>	56
4.3.2	<i>Desenvolvimento de uma pesquisa de Preferência Declarada.....</i>	60
4.4	Considerações finais.....	63
5	METODOLOGIA.....	64
5.1	Etapa 1 - Construção da base conceitual.....	64
5.1.1	<i>Verificação dos atributos para a escolha do veículo a partir da literatura.....</i>	56
5.1.2	<i>Desenvolvimento de uma pesquisa de Preferência Declarada.....</i>	65
5.1.3	<i>Identificação das empresas potenciais.....</i>	65

5.2	Etapa 2 - Pesquisa Exploratória.....	66
5.2.1	<i>Questionário exploratório e análise da aderência dos atributos encontrados na literatura à realidade brasileira.....</i>	66
5.2.2	<i>Pesquisa de Preferência Declarada.....</i>	67
5.3	Etapa 3 - Modelagem dos atributos para escolha do veículo urbano de cargas.....	68
5.3.1	<i>Formulação do modelo.....</i>	70
5.3.2	<i>Calibração dos modelos.....</i>	70
5.4	Etapa 4 – Análise da influência dos atributos sobre a escolha do veículo urbano de carga.....	71
6	DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA PESQUISA.....	73
6.1	Verificação dos atributos para escolha do veículo a partir da literatura.....	73
6.2	Determinação das empresas.....	74
6.3	Questionário exploratório.....	74
6.4	Análise da aderência dos atributos encontrados na literatura à realidade brasileira.....	76
6.5	Pesquisa de Preferência Declarada.....	84
6.5.1	<i>Projeto de experimento da PD.....</i>	85
6.5.2	<i>Análise da coleta de dados (PD).....</i>	94
6.6	Formulação dos modelos.....	100
6.7	Calibração dos modelos.....	101
6.7.1	<i>Modelo da categoria viagem.....</i>	101
6.7.2	<i>Modelo para categoria veículo.....</i>	103
6.8	Análise da influência dos atributos sobre a escolha do veículo urbano de carga.....	106
6.8.1	<i>Análise dos atributos da categoria viagem.....</i>	106
6.8.2	<i>Análise dos atributos da categoria veículo.....</i>	106
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	114
	REFERÊNCIAS	117
	APÊNDICE A – METODOLOGIA DE REVISÃO SISTEMÁTICA (MSR)	127
	APÊNDICE B –QUESTIONÁRIO EXPLORATÓRIO	130

APÊNDICE C – PESQUISA DE PREFERÊNCIA DECLARADA	134
APÊNDICE D – RESULTADOS DA PD NA CATEGORIA VIAGEM.....	143
APÊNDICE E – RESULTADOS DA PD NA CATEGORIA VEÍCULO	144

1 INTRODUÇÃO

Como etapa chave para o gerenciamento logístico, pode-se considerar a escolha do modo de transporte e seleção do veículo responsável em movimentar as cargas de uma empresa. Os planejadores de transportes, tipicamente, consideram múltiplos atributos nesta tomada de decisão. Esta não é uma decisão trivial, pois se trata de um processo que envolve múltiplos critérios, alguns difíceis de serem quantificados (MEIXELL e NORBIS, 2008). A maior parte dos custos logísticos é formada pelo transporte que, no Brasil, equivale a 6,8% do PIB (CNT, 2016).

A globalização econômica, o comércio eletrônico, e a internet estão mudando profundamente o domínio geográfico e o perfil socioeconômico dos mercados, principalmente em áreas urbanas, tornando cada vez mais complexa a tomada de decisão relacionada à escolha do modo e veículo de transporte. Adicionalmente, tendências relativamente recentes de logística urbana estão colocando em foco algumas questões que os planejadores de transportes também devem considerar (HOLGUÍN-VERAS e WANG, 2011).

A perspectiva do comércio eletrônico gera um significativo número de pequenas entregas, realizadas principalmente em veículos leves, contribuindo com o aumento do congestionamento urbano. Esses fatores chamam a atenção de planejadores de transportes para o estudo do processo da tomada de decisão que determina a seleção do tipo de veículo a ser utilizado em determinada viagem (WANG e HOLGUÍN-VERAS, 2008).

Os veículos comerciais são um dos principais componentes do sistema de transporte de cargas e representam uma função vital no desenvolvimento econômico de áreas urbanas. Garantir com que os produtos cheguem aos consumidores e que este movimento não resulte em grandes impactos na mobilidade fornecem um incentivo para o desenvolvimento de métodos e ferramentas para o planejamento, gestão e operação da movimentação dos veículos comerciais na região urbana (WANG e HU, 2012). Contudo, o transporte de cargas é deveras complexo, o que impõe dificuldades em analisar seu efeito em um sistema de transportes (NUZZOLO e COMI, 2014).

A natureza complexa do transporte de cargas pode ser caracterizada pelas múltiplas dimensões de medidas (e.g., volume, peso, número de viagens do veículo), múltiplos participantes (e.g., produtores, carregadores, expedidores, destinatário), diversos tipos de cargas, e outros componentes (WANG e HOLGUÍN-VERAS, 2008). Além dessas características básicas, existem outros fatores sobre a movimentação de cargas urbanas que

tornam as pesquisas na área ainda mais desafiadoras, como o elevado número de viagens encadeadas (HU e WANG, 2011).

A essência do planejamento está na análise abrangente dos impactos de políticas, programas e projetos no sistema de transportes e em seu ambiente socioeconômico. No planejamento de transportes, essa filosofia se traduz ao considerar a interação entre os múltiplos modos de transporte, entre o transporte e uso do solo, entre economia e meio ambiente (HOLGUÍN-VERAS, 2002).

Nesse contexto, o planejamento de transportes requer modelos que avaliem os impactos das propostas e alternativas planejadas. Lamentavelmente, o desenvolvimento da modelagem do transporte de cargas não foi proporcional à importância da movimentação de cargas para o desenvolvimento econômico das cidades. Este é o resultado de uma combinação de fatores decorrentes da falta de conscientização sobre a importância do transporte de mercadorias e a complexidade inerente da movimentação de cargas em áreas urbanas (HOLGUÍN-VERAS e WANG, 2011).

Do ponto de vista da oferta, uma ampla gama de veículos está envolvida em atividades comerciais, uma vez que quase todos os veículos do modo rodoviário podem ser utilizados para propósitos comerciais em áreas urbanas. Esses veículos variam em tamanho, capacidade, tipo de combustível, desempenho, ruído e níveis de emissões gerados. Estas variações conduzem a diferentes características operacionais e questões técnicas, além da forma de personalizar políticas de gerenciamento que consideram as diversas necessidades desses modos (WANG e HU, 2012). Entretanto, devido à dificuldade de obtenção de dados, muitos dos esforços de pesquisas se restringem a modos limitados de transportes (e.g., apenas caminhões) ou propósitos limitados (e.g., apenas uma entrega por viagem ou um tipo de carga). Com isso, surge a primeira questão de pesquisa: Como ocorre a escolha do veículo comercial para o transporte urbano de mercadorias?

Uma vez que os bens normalmente não são consumidos no mesmo lugar em que eles são produzidos, é necessário um processo em que múltiplas decisões interrelacionadas sejam tomadas a fim de assegurar que estes bens cheguem até seu destino. A escolha do modo de transporte apropriado é talvez o fator mais importante das decisões relacionadas à distribuição da carga. Então, um conhecimento sólido dos fatores que afetam essa decisão é essencial, inclusive para avaliar as políticas de transporte de cargas (RÓMAN *et al.*, 2017).

Abate e Jong (2014) complementam ao enfatizar que há o grande interesse de compreender como os operadores de carga escolhem o veículo para o transporte. Para isso, é

importante saber como o padrão do uso dos veículos ou a escolha do tamanho do veículo mudam com as intervenções políticas ou fatores externos. Diante disso, surge a segunda questão de pesquisa: Quais os atributos relacionados à escolha do veículo comercial para o transporte urbano de mercadorias?

O comportamento da viagem está relacionado com as atitudes individuais bem como as características do sistema de transportes. Dessa forma, existe a necessidade de alcançar um nível de interpretação dos atributos de escolha considerados pelos tomadores de decisão. Para isso, é requerido uma abordagem hierárquica para avaliação desses atributos (NOROJORO e YOUNG, 2003).

Para auxiliar na compreensão da escolha modal, os modelos mais utilizados são as técnicas de escolha discreta, pois têm a capacidade de capturar o modo comportamental de escolha dos setores comerciais. Estas técnicas fornecem meios estatísticos para quantificar a relação dos fatores potenciais que afetam a escolha (WANG e HU, 2012). Reconhecendo essa oportunidade, surge a terceira questão de pesquisa: Qual a influência de cada atributo sobre a escolha do veículo comercial para o transporte de cargas em regiões urbanas no Brasil?

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é analisar os fatores que afetam a tomada de decisão quanto à escolha do veículo comercial no transporte urbano de cargas no Brasil, a partir dos seguintes objetivos específicos:

- Identificar os atributos considerados na escolha do veículo comercial para o transporte urbano de cargas sob a ótica de empresas transportadoras brasileiras;
- Definir os atributos mais importantes para a compreensão do fenômeno estudado;
- Desenvolver modelos que ajudem a compreender a relevância dos atributos para a escolha do veículo comercial;
- Mensurar a importância relativa dos atributos relevantes à escolha entre os veículos comerciais para o transporte urbano de cargas.

A estrutura deste trabalho foi planejada de forma a contemplar os objetivos específicos estabelecidos, sendo dividida em sete capítulos. O Capítulo 1 reúne as considerações iniciais sobre a temática a ser desenvolvida, a descrição dos objetivos, as justificativas para a escolha do tema, a sua relevância e a estrutura do trabalho.

Os Capítulos 2 e 3 buscam retratar o Transporte Urbano de Cargas (TUC), apresentando o planejamento para o TUC, os principais impactos advindos do TUC, os

veículos empregados no transporte de cargas urbanas, bem como os atributos potenciais que influenciam a escolha veicular.

O Capítulo 4 apresenta a revisão da bibliografia sobre as técnicas de modelagem em transporte de carga, iniciando com a explanação sobre os métodos de coleta de dados mais utilizados, os quais são as pesquisas de Preferência Revelada (PR) e Preferência Declarada (PD) e os tipos de modelos de escolha discreta que podem ser utilizados para modelar o fenômeno estudado.

O Capítulo 5 apresenta a metodologia estruturada para a elaboração da dissertação, a qual está fundamentada na revisão da bibliografia científica sobre técnicas de modelagem em transportes de carga, que contribui para fundamentar o desenvolvimento do procedimento objeto desta pesquisa, bem como suas aplicações.

O Capítulo 6 apresenta o desenvolvimento e aplicação da pesquisa que tratou da verificação dos atributos utilizados na escolha veicular para o transporte de cargas, o questionário exploratório que tem como objetivo analisar a aderência dos atributos da literatura à realidade do estudo, a pesquisa de preferência declarada com os atributos considerados no fenômeno estudado e a modelagem do comportamento sobre a escolha do veículo urbano.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões e sugestões deste trabalho.

2 TRANSPORTE URBANO DE CARGA E O DESAFIO DA ESCOLHA VEICULAR

O Transporte Urbano de Carga (TUC) é um sistema composto pelas atividades que são necessárias para o deslocamento de bens, produtos ou mercadorias no território urbano (ZIONI, 2009); isto é, em áreas de grande concentração de residências e atividades comerciais, sendo assim um relevante componente no desenvolvimento da economia (OLIVEIRA, 2007).

Nuzollo e Comi (2014) explicam que a movimentação de cargas urbanas é um resultado de diversas escolhas realizadas por diferentes atores nos níveis operacional (curto prazo), tático (médio prazo) e estratégico (longo prazo), que podem ser divididos em:

- Consumidores finais: escolhem onde e o tipo de estabelecimento para realizar suas compras (pequeno, médio ou grande varejista) e o modo de transporte;
- Varejistas (incluindo pontos de venda em larga escala): escolhem o tipo de transporte a ser utilizado (frota própria ou terceirizada) e tamanho da carga; no longo prazo, também deve ser considerada a localização do estabelecimento;
- Atacadistas e distribuidores: escolhem o tipo de transporte para o abastecimento dos seus consumidores (frota própria ou terceirizada) e, caso seja frota própria, escolhem o período e o tipo de veículo e o percurso (ordem de entrega) da viagem; no longo prazo, também definem a localização dos armazéns e centros de distribuição;
- Expedidores: suas escolhas estão relacionadas principalmente com o período de partida, tipo de veículo utilizado para entrega, bem como o percurso (ordem de entrega) a ser realizado.

O TUC é um componente fundamental para a vida nas cidades, considerando que cerca de 84,3% da população brasileira vive na zona urbana (IBGE, 2010) e, por meio dele, as comunidades têm acesso aos bens e produtos. Todos os dias as pessoas consomem e usam bens (e.g., comida, roupas, mobília, livros, carros e computadores) produzidos ao redor de todo o mundo (NUZZOLLO e COMI, 2014).

Desse modo, o papel do transporte urbano de carga continua a crescer como uma parte importante do cotidiano de atividades de negócios e pessoas, especialmente ao analisar

os recentes avanços no comércio eletrônico, globalização econômica, armazenamento de alta tecnologia e sistemas de produção *just-in-time*, que visam a redução do tamanho do veículo comercial e aumento da frequência de entregas (COMI *et al.*, 2012).

Com isso, a entrega urbana tem se tornado uma importante questão na logística e no gerenciamento da cadeia de suprimentos, mas, ao mesmo tempo, essa movimentação de cargas contribui significativamente com efeitos ambientais, sociais e econômicos indesejados, tais como congestionamento, emissões, desgaste das vias, problemas de segurança, custos operacionais e tráfego em áreas industriais (NUZZOLLO e COMI, 2014; STEFAN, McMILLAN e HUNT, 2005; KIM *et al.*, 2017).

Apesar dessa preocupação, transportadores e gestores logísticos não podem facilmente modificar sua escolha do modo porque estão restritos aos *trade-offs* logísticos, como o tempo e o custo do transporte. Além disso, a globalização do mercado, a demanda por mais confiabilidade, flexibilidade, custo efetivo, prazo e serviços de porta-a-porta tem crescido ao redor de todo o mundo (KIM *et al.*, 2017).

Dessa forma, o planejamento para o TUC exige que sejam considerados os indicadores econômicos, sociais e ambientais relacionados à carga urbana; isto é, as práticas individuais dos expedidores, transportadores e do público, compreendendo suas necessidades e reconhecendo os problemas enfrentados dentro das cidades advindos do transporte (BOERKAMPS, 2002).

2.1 Dificuldades enfrentadas na movimentação urbana de carga e a logística urbana

O TUC costuma gerar sensação de desconforto e de impacto no tráfego de uma cidade e toda sociedade precisa se adaptar a essa realidade, pois sem ele não existiriam as atividades econômicas (SILVA, 2012). Para algumas metrópoles que possuem áreas críticas em termos de congestionamento, a iniciativa privada (indústria e operadores logísticos) tem buscado alternativas e planos de contingência para garantir a continuidade de suas operações, enquanto o poder público cria “soluções”, por meio de regras e decretos que acabam por dificultar a atividade de transporte. Operações *just-in-time*, redução do pedido na entrega de mercadorias e aumento do volume de compras, pontos de entrega e coleta estão sendo praticados por diversos setores da indústria e comércio como uma estratégia que garanta o crescimento e a vantagem competitiva dos seus produtos (ABATE e JONG, 2014).

Atualmente, o problema é cada vez mais importante e desafiador devido ao elevado crescimento dos veículos particulares, demanda crescente de serviços de transporte urbano de cargas e maior reconhecimento da necessidade de mudança do paradigma para uma logística ambientalmente sustentável e tecnologias de cargas (ZHANG *et al.*, 2012). Com isso, o transporte em geral tem o papel de buscar reduzir as externalidades negativas, como emissões, barulho e congestionamento, associados às atividades de movimentação de carga enquanto apoia seu desenvolvimento econômico e social (CRAINIC *et al.*, 2009).

Para tanto, surgiu o conceito de logística urbana (*city logistics*), considerando soluções sustentáveis para o transporte urbano de carga. Taniguchi *et al.* (2001) definem que logística urbana trata-se do processo de total otimização de atividades logísticas em áreas urbanas considerando os impactos ambientais, sociais, econômicos, financeiros e energéticos. Assim, as soluções de logística urbana consideram fatores relacionados à complexidade do planejamento e da manutenção das cidades, abrangendo não só a infraestrutura logística (localização dos terminais de carga e descarga, vias de acesso, regulamentação apropriada das operações de carga por caminhões, etc.), mas até mesmo a segurança viária (GWILLIAM, 2012).

Ogden (1992) mostra-se atual aos dias de hoje, pois ressalta a preocupação necessária com as questões ambientais (ruído, emissões de gases, vibração em áreas internas) advindas da movimentação de cargas, maior qualidade dos serviços de carga (ao evitar congestionamentos, poluição, etc.), otimização dos custos de transportes e desempenho macroeconômico do setor público de forma a contribuir para o desempenho econômico nos níveis local, regional e nacional.

No Brasil, ainda faltam metodologias adequadas que já estão presentes em países desenvolvidos da Europa. A maioria das cidades brasileiras apresenta deficiência no sistema viário, além de estarem muito centradas no segmento rodoviário motorizado e que utilizam combustíveis fósseis, e, como consequência, causam prejuízos econômicos na movimentação de cargas contribuindo para o comprometimento operacional, não apenas de qualidade dos serviços e da saúde financeira dos operadores, mas principalmente o desenvolvimento econômico e social do país (SILVA, 2012).

Cherrett *et al.* (2012) ressaltam que as políticas do TUC, na grande maioria das vezes, não são desenvolvidas na mesma medida que para o transporte de passageiros, que falta coleta de informações sobre o TUC, gerando uma visão limitada das autoridades públicas nos padrões operacionais de TUC, quando tentam desenvolver estratégias e medidas políticas adequadas.

O contexto citado faz parte da realidade brasileira, em que a legislação para a maioria das capitais é composta basicamente por restrições ao tráfego de veículos pesados, operação de carga e descarga e transporte de produtos (CARVALHO, 2014). Essas medidas resultaram na necessidade de utilizar veículos menores em atividades comerciais, ampliando as possibilidades de escolha e tornando o processo de tomada de decisão mais desafiador. Holguín-Veras (2002) explica que as transportadoras avaliam as vantagens e desvantagens do uso de diferentes tipos de veículos, e selecionam aquele que é mais apropriado para transportar determinada mercadoria.

2.2 Veículos empregados no transporte urbano de cargas

Como citado, existe uma grande variedade de veículos que podem ser utilizados para o transporte urbano de cargas. Diante disso, a decisão sobre o tipo de veículo utilizado em determinada viagem em área urbana precisa estar em sintonia entre aspectos econômicos, restrições físicas do local da entrega/coleta e restrições advindas de políticas públicas. Os próximos tópicos apresentaram uma discussão sobre trabalhos que abordam a respeito dos veículos utilizados para movimentação urbana de cargas, que será importante para a compreensão do fenômeno de estudo e, consequentemente, para a estruturação desta pesquisa de mestrado.

2.2.1 Veículos para movimentação de cargas urbanas - Holguín-Veras (2002)

No trabalho de Holguín-Veras (2002), os diferentes tipos de veículos de carga urbana foram consolidados em três principais classes de caminhões:

- a) *pickup trucks* (incluindo os caminhões pequenos);
- b) caminhões de dois e três eixos;
- c) semi-reboques.

2.2.2 Veículos para movimentação de carga urbana - Stefan et al. (2005)

Stefan *et al.* (2005) enfatizam que a escolha modal é muitas vezes negligenciada completamente e, usualmente, somente veículos grandes são considerados nos modelos. Os autores indicam que mais de 50% das viagens comerciais urbanas são realizadas por veículos leves (LCVs), que incluem:

- a) *pickups*;
- b) caminhões (*trucks*);
- c) vans;
- d) carros de passeio.

2.2.3 Veículos para movimentação de cargas urbanas - Prata e Arruda (2007)

Prata e Arruda (2007) identificaram os principais modos de transporte utilizados na movimentação urbana de cargas em Fortaleza - CE, bem como as respectivas mercadorias movimentadas por cada modo:

- a) caminhão/carreta: alimentos, bebidas, garrafões de água, botijões de gás, vestuários, mobiliários, calçados, brinquedos, produtos de limpeza, mudanças, automóveis, combustíveis, oxigênios hospitalares, resíduos sólidos, matérias-primas para a construção civil, eletroeletrônicos;
- b) automóvel/kombi/van: alimentos, bebidas, garrafões de água, botijões de gás, vestuários, mobiliários, calçados, brinquedos, medicamentos, eletroeletrônicos, entregas postais;
- c) motocicleta: alimentos, *fast foods*, medicamentos, botijões de gás, entregas postais;
- d) bicicleta: garrafões de água, botijões de gás, medicamentos, alimentos;
- e) pedestre: entregas postais.

2.2.4 Veículos para movimentação de cargas urbanas - Wang e Hu (2012)

Segundo Wang e Hu (2012), os veículos comerciais podem ser categorizados em três grupos de acordo com o propósito da viagem: i) veículos comerciais de passageiros, como ônibus escolares, serviços de transporte, carros alugados, táxis e veículos de transporte paralelo; ii) veículos de transporte de mercadorias, como correios, coleta de lixo, entrega em armazéns, recolhimento de encomendas, entregas e na construção; e iii) veículos de serviço, tais como aqueles utilizados para serviços domésticos e de construção, segurança pública, manutenção e suporte ao varejo. Eles observaram cinco modos de veículos comerciais e consideraram a existências de outros veículos além dos caminhões:

- a) AUTO: automóveis;
- b) PICKUP: pickup, van, minivan;

- c) SUV: veículos utilitários esportivos;
- d) ONEUNIT: caminhões rígidos;
- e) MULUNITS: caminhões articulados.

2.2.5 Veículos para movimentação de cargas urbanas - Silva (2012)

O trabalho de Silva (2012) relaciona os modos de transporte e respectivos veículos utilizados no transporte de cargas urbanas da seguinte maneira:

- a) transporte de carga a pé: dada as limitações de tamanho de veículos em várias situações, o ir e vir sobre os pés se apresenta como um meio rápido e sustentável para realizar as entregas de mercadorias. Esse modo de transporte requer menores investimentos quando o objetivo é fazer o transporte de pequenos volumes e documentos, pois possui baixo custo energético, não necessitando da aquisição de equipamentos e veículos;
- b) veículos de carga de propulsão humana: os principais veículos de propulsão humana utilizados no transporte urbano de cargas são os carrinhos, container de plástico, bicicletas e triciclos de carga.
- c) veículos de carga motorizados: motocicletas, caminhonetes, caminhonetas (veículos utilitários com capacidade de carga até uma tonelada) e os caminhões com capacidade até 3,5 toneladas.

2.2.6 Veículos para movimentação de cargas urbanas - Cherrett et al. (2012)

Cherrett *et al.* (2012) apresentam uma revisão da literatura publicada, entre 1996 a 2009, dos diferentes tipos de veículos utilizados para a movimentação de carga urbana na Inglaterra (Tabela 1). As vans (veículos leves) foram o modo dominante, sendo responsáveis por cerca de 42% das atividades de entregas, sugerindo o maior número de entregas a lojas e também as dificuldades encontradas em acessar centros urbanos congestionados com veículos maiores.

Este cenário se estruturou com o passar do tempo, pois cresceu a utilização de veículos leves ao passo que reduziu a de veículos articulados e rígidos; ou seja, leva-se a crer que a escolha veicular está também relacionada ao uso do solo no destino. Além disso, eles observaram que a escolha do veículo é influenciada pelo tipo de carga, uma vez que veículos rígidos foram utilizados prioritariamente para o transporte de alimentos e as vans foram o

modo de transporte escolhido para os serviços industriais, enquanto que caminhões articulados foram escolhidos principalmente para negócios de manufatura e armazenamento.

Tabela 1 – Síntese de trabalhos de divisão modal de veículos comerciais na Inglaterra.

Cidade do estudo	Ano	Articulados (%)	Rígidos (%)	Leves (%)	Carros (%)	Outros (%)	Total (%)
Leeds	1996	17	81	2	-	-	100
Southampton	1996	45	16	38	-	-	100
Winchester	1996	30	59	11	-	-	100
Winchester	2001	16	50	33	1	-	100
Reading (Market St.)	2003	1	17	75	6	1	100
Reading (Friar St.)	2003	16	26	51	1	6	100
Bexleyheath	2003	10	39	45	6	-	100
Broadmead, Bristol	2003	21	34	45	-	-	100
Ealing	2004	4	18	60	15	3	100
Chichester	2005	42	39	19	-	-	100
Colchester	2005	10	26	35	23	7	100
Crawley	2005	48	32	20	-	-	100
Horsham	2005	29	23	48	-	-	100
Worthing	2005	24	28	48	-	-	100
Wallington	2005	2	72	25	-	-	100

Cidade do estudo	Ano	Veículos articulados (%)	Veículos rígidos (%)	Veículos leves (%)	Carros (%)	Outros (%)	Total (%)
Mitcham	2005	3	44	53	-	-	100
Catford	2006	1	31	68	-	-	100
Bromley	2007	29	41	27	-	2	100
Clapham Junction	2007	21	32	35	-	-	100
Croydon and Sutton	2007	26	39	25	-	9	100
Kingston	2007	0	55	45	-	-	100
Lewisham	2007	0	42	58	-	-	100
London (Lisson Grove)	2008	3	42	54	1	-	100
London (Regent Street)	2009	1	27	64	3	5	100

Fonte: Cherrett *et al.* (2012).

2.2.7 Veículos para movimentação de cargas urbanas - Abate e Jong (2014)

Abate e Jong (2014) consideraram os diferentes tipos de veículos comerciais em cinco classes, mas tiveram a limitação de considerar apenas caminhões como veículos de transporte de carga urbana, sendo:

- tipo V1 (caminhão rígido com capacidade até 12 toneladas);
- tipo V2 (caminhão rígido com capacidade entre 12 e 18 toneladas);
- tipo V3 (caminhão rígido com capacidade entre 18 e 26 toneladas);
- tipo V4 (caminhão com reboque);

e) tipo V5 (caminhão articulado).

2.2.8 Considerações sobre os veículos utilizados

Por meio desta explanação, constata-se que existe uma ampla gama de definições a respeito dos veículos rodoviários empregados no TUC. Em síntese, buscou-se um agrupamento dos tipos de veículos apresentados nos trabalhos mencionados em cinco categorias, conforme apresentado na Tabela 2. Nota-se que muitos trabalhos se restringem a considerar apenas caminhões (ou até mesmo apenas alguns modelos específicos de caminhões), possivelmente pela dificuldade de obtenção de dados.

Para análise dos tipos de veículos, os mesmos foram divididos em 5 categorias: caminhões articulados, caminhões rígidos pesados, caminhões rígidos leves, automóveis e em outros. Observa-se que dos 31 trabalhos analisados, 14 deles contemplam pelo menos ou a categoria “automóveis” ou a categoria “outros”.

Entende-se que com o aumento das restrições existentes em zonas urbanas e exigências dos clientes, é esperado que haja o aumento da utilização de veículos alternativos e, com isso, a necessidade de considerá-los em estudos que contemplam o fenômeno do transporte urbano de carga.

Tabela 2 – Síntese dos tipos de veículos utilizados para o transporte urbano de cargas.

		Tipos de veículos				
		Caminhões articulados	Caminhões rígidos pesados	Caminhão rígido leve	Automóveis	Outros
1	Leeds	1996	x	x		
2	Southampton	1996	x	x	x	
3	Winchester	1996	x	x	x	
4	Winchester	2001	x	x	x	x
5	Holguín-Veras	2002		x	x	x
6	Reading (Market St.)	2003	x	x	x	x
7	Reading (Friar St.)	2003	x	x	x	x
8	Bexleyheath	2003	x	x	x	x
9	Broadmead, Bristol	2003	x	x	x	
10	Ealing	2004	x	x	x	x
11	Chichester	2005	x	x	x	
12	Colchester	2005	x	x	x	x
13	Crawley	2005	x	x	x	
14	Horsham	2005	x	x	x	
15	Worthing	2005	x	x	x	
16	Wallington	2005	x	x	x	
17	Mitcham	2005	x	x	x	
18	Stefan et al.	2005	x	x	x	
19	Catford	2006	x	x	x	
20	Prata e Arruda	2007	x	x	x	x
21	Bromley	2007	x	x	x	x
22	Clapham Junction	2007	x	x	x	
23	Croydon and Sutton	2007	x	x	x	x
24	Kingston	2007	x	x	x	
25	Lewisham	2007	x	x	x	
26	London (Lisson Grove)	2008	x	x	x	x
27	London (Regent Street)	2009	x	x	x	x
28	Cherrett et al.	2012	x	x	x	
29	Silva	2012	x	x	x	x
30	Wang e Hu	2012	x	x	x	x
31	Abate e Jong	2014	x	x	x	
Número de observações		30	31	31	11	10
Número de observações total				113		

Fonte: própria.

Nota-se que existe uma grande variedade de veículos empregados no TUC e não há um consenso sobre o emprego dos mesmos para alguns tipos de mercadoria. Assim, para escolher determinado veículo ou modo de transporte, precisa-se alcançar uma maior compreensão sobre os fatores que influenciam esta decisão modal. Com este propósito, será feita uma discussão sobre os atributos potenciais para a escolha modal.

2.3 Considerações finais

Este capítulo ajuda na compressão do fenômeno do transporte urbano de cargas ao apresentar os principais atores, a importância que esta atividade possui para o desenvolvimento das cidades, as principais dificuldades enfrentadas, bem como a gama de veículos que podem ser utilizados para a movimentação urbana de carga.

Esses pontos contextualizam a respeito do desafio enfrentado pelos planejadores de transportes na escolha veicular, pois necessitam atingir um elevado nível de serviço, ao passo que precisam cumprir as crescentes restrições criadas pelo poder público e desenvolver estratégias de operação em consonância com o crescimento das cidades.

Sendo assim, é esperado que existam atributos que exercem influência sobre a escolha veicular, de acordo com a estratégia das transportadoras. No próximo capítulo, apresentará uma discussão justamente sobre esse assunto, que visa ajudar na compreensão do fenômeno e observar como os tomadores de decisão realizam suas escolhas.

3 ATRIBUTOS POTENCIAIS PARA A ESCOLHA MODAL NO TRANSPORTE DE CARGA

A escolha veicular depende das alternativas disponíveis, bem como os atributos dessas alternativas (BEN-AKIVA *et al*, 2013). As alternativas disponíveis se referem aos modos de transporte que podem ser utilizados para a movimentação de carga, enquanto que os atributos são os fatores que caracterizam ou diferenciam cada uma dessas alternativas. Este tópico tem por objetivo destacar os atributos encontrados em pesquisas sobre o tema de escolha modal, os quais podem ser encarados como sinônimos de: elementos, aspectos, fatores, características, parâmetros, critérios ou iniciativas (CARVALHO, 2014).

Segundo Matear e Gray (1993), fatores que influenciam ou são importantes para a escolha do transporte de carga têm sido estudados desde a década de 1960 quando Cook (1967) identificou o custo de transporte como importante, embora não fosse necessariamente decisivo, na escolha do serviço do transporte de carga em empresas de manufatura.

A identificação desses atributos relevantes a serem incorporados nos modelos de escolha modal ou compreensão do fenômeno de carga é uma etapa muito importante para a estruturação dos mesmos (GONÇALVES, 2013). Para isso, alguns trabalhos foram selecionados a fim de verificar os principais critérios consideradas no momento da escolha do modo de transporte a partir de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), cuja descrição se encontra no Apêndice A.

Cook (1967) deu início ao campo de pesquisa que estuda as várias formas de transporte escolhidas pelos gestores das empresas e como as decisões foram tomadas. Sua pesquisa foi realizada no Centro-Oeste da Inglaterra, a partir de entrevistas com os responsáveis pelo transporte em 29 organizações, de uma lista que contemplava as 81 maiores empresas da região. O trabalho utilizou estatística descritiva para analisar os dados encontrados. Os atributos observados na escolha modal foram:

- a) perdas dos bens;
- b) importância relativa do modo de transporte;
- c) preços;
- d) tempo de serviço;
- e) tamanho dos transportadores;
- f) tempo de trânsito;
- g) vantagens de ter frota própria;
- h) manutenção;

- i) viagens com carga incompleta.

Por sua vez, Roberts (1971), realizou um estudo na Holanda com as principais transportadoras ao analisar o processo de gerenciamento logístico. Os resultados sugeriram que a escolha do serviço de transporte seria feita em função de três fatores abaixo listados, diferentes daqueles encontrados por Cook (1967):

- a) o nível da demanda;
- b) o tamanho do caminhão;
- c) características da carga a ser transportada.

Azzam e Linsenmeyer (1987) observaram que pesquisas anteriores assumiram o tamanho do veículo como algo constante, o que de fato não ocorria. Então, propuseram um estudo realizado por meio de uma pesquisa de amostragem aleatória simples com fazendeiros de Nebraska, EUA. Com isso, utilizando o modelo *logit*, o trabalho mostrou a probabilidade de um indivíduo escolher o tamanho do caminhão (leve, médio ou pesado) a partir de dois atributos:

- a) volume da carga;
- b) distância da viagem.

Observa-se que até então não houve repetição dos atributos considerados nos trabalhos. Na sequência, o trabalho apresentado por D'est e Meyrick (1989) expôs a visão de que três categorias de fatores influenciam a escolha do transportador, mostrando uma diferença notável sobre a complexidade dos fatores existentes entre o transporte de passageiros e o de carga. Este trabalho diversifica o padrão de atributos até então considerados para escolha veicular, incorporando aspectos de difícil mensuração, sendo:

- a) a rota, que inclui fatores como:
 - frequência;
 - capacidade;
 - conveniência;
 - franqueza;
 - flexibilidade;
- b) custo, que engloba as taxas e outros custos que podem ser incorridos;
- c) nível de serviço, que se refere a aspectos como:
 - atraso;

- confiabilidade e urgência;
- capacidade de evitar danos, perdas e roubo;
- resposta rápida a qualquer problema;
- cooperação entre carregador e transportador;
- documentação e capacidade de rastreamento.

Matear e Gray (1993) examinaram se as transportadoras empregam diferentes critérios na seleção de serviços de transporte marítimo e aéreo. A coleta de dados foi realizada a partir de um questionário que foi enviado aos gestores e diretores de transportes de empresas que ofereciam serviços de transportes entre a Grã-Bretanha e Irlanda. Para isso, os vários atributos de serviços considerados foram:

- a) resposta rápida aos problemas;
- b) capacidade de evitar perdas ou danos;
- c) coleta e entrega no tempo;
- d) preço;
- e) boa relação com o transportador;
- f) habilidade de atender entregas urgentes não previstas;
- g) menor tempo de trânsito;
- h) menor preço;
- i) habilidade de transportar cargas com necessidades especiais;
- j) tempo de chegada ao destino;
- k) alta frequência de serviço;
- l) documentação completa pelo transportador;
- m) horário de saída da origem;
- n) ofertas especiais ou descontos no transporte;
- o) preferência de transporte de parceria comercial;
- p) proximidade de porto/aeroporto para o destino dos bens;
- q) proximidade de porto/aeroporto da origem dos bens;
- r) conhecimento sobre qual porto/aeroporto é utilizado.

Nam (1997) desenvolveu modelos *logit* binomiais, a partir de dados de preferência revelada na Coreia do Sul, a fim de comparar modelos de demanda agregada e modelos de demanda desagregada. Em seu trabalho, duas alternativas de transportes foram avaliadas: o rodoviário e o intermodal e, para isso, oito atributos foram considerados em sua

análise, alguns deles já tendo sido citados por trabalhos anteriores:

- a) peso da carga;
- b) valor do frete;
- c) par origem-destino;
- d) tipo de carga;
- e) distância;
- f) tempo médio de percurso;
- g) acessibilidade média e,
- h) frequência do serviço.

Abdelwahab (1998) realizou um estudo que estimou a elasticidade da demanda e a probabilidade de escolha modal para oito grupos de produtos e dois modos de transportes a partir de dados de uma Pesquisa de Transporte de Mercadorias nos EUA, sendo assim, um dos primeiros trabalhos a se preocupar com a multimodalidade. Para isso, os atributos considerados foram:

- a) tamanho do lote;
- b) tipo do produto transportado;
- c) atributos relacionados ao transporte, contendo uma lista de 18 variáveis não especificadas pelo autor.

Jiang *et al.* (1999) analisaram as características de demanda por cargas que conduzem a escolha entre o modo rodoviário e ferroviário por meio de uma preferência revelada em larga escala, nacional e desagregada do banco de dados de embarcadores da França. Até então, os trabalhos se atentavam principalmente para fatores de curto prazo. Eles, porém, decidiram analisar como as características de longo prazo interferem na escolha modal. Dessa forma, eles observaram que os atributos relacionados à escolha modal poderiam ser:

- a) fatores de longo prazo:
 - tamanho da empresa;
 - localização;
 - sistema de informação utilizado;
 - estrutura operacional; e,
 - se há ou não frota própria;
- b) fatores de curto prazo:

- atributos físicos dos bens a serem transportados;
- atributos físicos do fluxo; e,
- característica espacial do embarque.

Allen *et al.* (2000) apresentam em seu trabalho uma série de elementos que influenciam o planejamento da distribuição de cargas em centros urbanos, os quais podem ser de diversas categorias. Pode ser observada a inclusão de um elemento na análise que até então não havia sido considerado, que são as características do uso do solo no destino. Por conseguinte, o estudo tratou que as características relacionadas ao tipo do veículo utilizado em áreas urbanas são:

- a) produtos transportados: o tipo de produto a ser transportado pode interferir no tamanho do veículo a ser requerido na operação. Foi observado que materiais para construção eram transportados em caminhões rígidos relativamente grandes. Móveis e carpetes costumavam a ser transportados em veículos rígidos ou articulados. E os produtos a granel (químicos, farinha, chapa de metal e vidro) eram transportados principalmente por veículos rígidos ou articulados.
- b) quantidade do produto a ser transportada: em alguns produtos, a quantidade específica a ser transportada pode interferir na escolha veicular até mais do que o próprio tipo de produto. Esses fatores são: a quantidade a ser entregue para cada cliente, o número total de entregas em uma viagem, a adequação de armazenagem de produtos diferentes no veículo e a oportunidade de consolidar o carregamento na cadeia de suprimentos.
- c) tipo do uso do solo na origem e no destino: o tipo de uso do solo interfere diretamente no tipo de bens a serem entregues ou coletados e restrições regulatórias como: restrição de circulação por tipo de veículo, vaga para carga/descarga, obstrução de vaga carga/descarga, obstrução de tráfego por veículo de carga, estacionamento em fila dupla, obstrução do tráfego por veículo de passeio. Com isso, a escolha veicular depende da carga a ser entregue ou coletada, e da frequência da movimentação.
- d) distância entre o ponto de recebimento e entrega: foi observada uma relação entre o tamanho dos veículos utilizados na entrega e a distância entre o ponto de despacho e recebimento. Vans e veículos menores realizam a entrega/coleta dentro da cidade ou distâncias menores. Enquanto que a distribuição de carga em distâncias maiores tendem a ser realizadas em veículos maiores.

Cullinane e Toy (2000) estabeleceram uma metodologia para identificar e justificar os principais atributos que influenciam as decisões de rota e modo de transporte no transporte de cargas no contexto do Leste Europeu. Com isso, eles obtiveram 15 atributos principais:

- a) custo;
- b) serviço;
- c) confiabilidade no tempo de trânsito;
- d) frequência;
- e) distância;
- f) velocidade;
- g) flexibilidade;
- h) infraestrutura disponível;
- i) capacidade;
- j) inventário;
- k) perdas/danos;
- l) características das cargas;
- m) vendas por ano;
- n) rastreabilidade;
- o) experiências anteriores.

Camargo (2000) identificou os fatores que influenciam a tomada de decisão para o transporte do complexo de soja na região oeste do Paraná, no Brasil. A pesquisa foi realizada empregando o método de preferência declarada. Com exceção do custo, os demais atributos foram todos qualitativos, sendo:

- a) custo do transporte;
- b) frequência da oferta;
- c) confiabilidade;
- d) flexibilidade do percurso;
- e) acessibilidade ao sistema.

Shingal e Fowkes (2002) desenvolveram um modelo a fim de avaliar a importância relativa dos atributos que influenciam a escolha modal na China. Foram consideradas cinco alternativas modais e, para isso, utilizaram os seguintes atributos para a

análise da tomada de decisão, os quais tem bastante semelhança com o trabalho de Camargo (2000):

- a) custo (para a movimentação porta-a-porta);
- b) tempo da viagem porta-a-porta (com incrementos de um terço de dia útil, i.e.; entrega pela manhã, entrega a tarde e entrega a noite);
- c) confiabilidade do serviço (definida como a porcentagem de entregas que chegam no tempo previsto);
- d) frequência do serviço (em três níveis - diariamente, três vezes por semana e semanalmente).

Holguín-Veras (2002), assim como Allen *et al.* (2000), tratou do transporte urbano de carga, ao conduzir uma investigação exploratória para identificar fatores importantes para o processo de seleção do veículo comercial a partir de dados de viagens da Cidade da Guatemala. Os resultados indicam que a escolha do tipo de veículo para o transporte urbano de cargas é modelada a partir da utilização de um conjunto de atributos relacionados à carga transportada e a operação da empresa, sendo:

- a) distância da viagem;
- b) tipo de carga a ser transportada;
- c) tipo de atividade econômica que ocorre na origem e no destino da viagem.

Stanton e Senna (2003) identificaram os atributos relevantes à utilização do modo de transporte para os embarcadores de carga geral no Sul do Brasil através da ferramenta QFD (*Quality Function Deployment*) e a pesquisa preferência declarada (PD) para a avaliar a importância relativa desses atributos, sendo:

- a) gerenciamento do risco;
- b) cumprimento do prazo de entrega;
- c) serviço de atendimento ao consumidor (SAC);
- d) frequência de saída;
- e) preço pago pelo serviço.

Este trabalho trouxe um atributo novo, que foi a existência de um serviço de atendimento ao consumidor (SAC). Isso mostra o aumento da exigência do consumidor e como as empresas precisam buscar melhorar constantemente seu atendimento para se manterem competitivas no mercado.

Norojono e Young (2003) consideraram que as razões para os tomadores de decisão escolhem determinados modos para o transporte de cargas são fatores críticos para o desenvolvimento de políticas apropriadas. O estudo retratou a escolha entre o modo rodoviário e ferroviário na Indonésia e determinou as variáveis importantes para a escolha modal nesse contexto, os quais foram atributos bastante citados nos trabalhos anteriores, sendo:

- a) custo do transporte;
- b) tempo de entrega;
- c) qualidade da entrega (segurança, condições do veículo, rota da viagem, frequência do serviço);
- d) flexibilidade (tempo de embarque, capacidade de resposta aos problemas).

Witlox e Vandaele (2005) identificaram que a escolha modal do transportador não é influenciada simplesmente por atributos puramente econômicos (tempo e custo), mas também qualitativos. Eles aplicaram uma pesquisa de preferência declarada a partir de uma amostra aleatória que foi retirada de todas as empresas belgas que possuíam mais de 20 empregados, então foram enviados os questionários para os setores de transportes. Ao todo, 88 empresas participaram. A partir dos dados, este trabalho trouxe a contribuição de calcular o valor monetário de diferentes atributos qualitativos, que já tinham sido abordados por vários trabalhos até então. Constatou-se que neste momento já é possível observar certa reincidência de alguns fatores, dentre eles:

- a) frequência;
- b) confiabilidade;
- c) flexibilidade;
- d) duração da viagem;
- e) riscos de perdas ou danos.

Puckett e Hensher (2008) reconheceram que, apesar da maioria dos estudos assumirem que os tomadores de decisão processam todas as informações disponíveis com a mesma atenção, é provável que as decisões sejam tomadas a partir de alguns atributos considerados estratégicos. Foi realizada uma pesquisa sobre a tomada de decisão em uma investigação empírica com os fornecedores de transporte de mercadorias e seus clientes. Os principais atributos identificados foram:

- a) tempo de fluxo livre;

- b) tempo de congestionamento;
- c) tempo de espera até o destino;
- d) probabilidade de chegada no tempo planejado;
- e) preço do combustível;
- f) taxas baseadas na distância.

Observa-se que este estudo passa a desagregar o tempo da entrega em três, além de considerar a probabilidade de chegada no tempo planejado. Possivelmente, isso se deve ao aumento dos congestionamentos presentes na maioria das capitais do mundo e em suas zonas metropolitanas. Paralelamente, há o aumento incontestável da exigência do cliente pelo cumprimento do prazo. Esses fatores contribuem para que o atraso seja algo totalmente indesejável, fazendo com que os atributos relacionados a ele sejam considerados como relevantes.

Rich *et al.* (2009) realizaram um estudo na região de Oresund, na Europa ao utilizar um modelo de escolha discreta para a análise de escolha modal. O modelo construído incluiu cinco modos de transportes que, combinados, resultaram em 40 alternativas de logísticas para o transporte de 13 grupos de produtos. A modelagem foi realizada em dois estágios. No primeiro estágio, foi determinada a escolha do modo de transporte (rodoviário, intermodal ferroviário, intermodal marítimo, ferroviário ou marítimo) por meio de um modelo multinomial *logit* (MLM). No segundo, estimou-se outro MLM que determina a probabilidade de escolha das alternativas logísticas, a partir dos resultados obtidos no primeiro estágio. As variáveis consideradas na escolha do modo de transporte neste trabalho são as mesmas presentes no primeiro estudo realizado neste campo (Cook, 1967), diferindo apenas ao desmembrar o tempo de transporte em duas variáveis:

- a) tempo de entrega;
- b) tempo de espera;
- c) custo do transporte.

Wang e Hu (2012) utilizaram dados de viagens da cidade de Denver (EUA) que mostravam o comportamento de escolha do veículo comercial em áreas urbanas, sendo o terceiro trabalho a tratar da realidade do transporte urbano desta Revisão da Literatura. Além disso, este estudo traz a contribuição de não se restringir apenas a cargas, pois engloba todas as atividades comerciais, isto é, transporte de bens e passageiros. Para isso, eles trabalharam com vários atributos tidos como importantes para essa escolha, divididos em:

a) viagem:

- tempo;
- propósito;
- número de viagens realizadas em um dia;
- distância percorrida.

b) paradas:

- número de paradas;
- tipo de área da entrega (distrito central de negócios, urbana, suburbana e rural).

c) características da carga:

- tipo de carga;
- quantidade de tipos de cargas.

d) empresa:

- número de empregados;
- tamanho da frota de veículos;
- total de viagens realizadas durante dia e tipo de atividade comercial.

Os autores trouxeram alguns pontos interessantes que ajudam a compreender melhor o fenômeno de transporte urbano, como: o número de viagens realizadas em um dia, pois reconhece que o veículo pode ter mais de uma rota em um dia; número de paradas, uma vez que dificilmente uma entrega urbana terá apenas um destinatário, sendo mais provável a ocorrência de viagens encadeadas. Além disso, este trabalho divide os atributos em categorias, mostrando que é importante fazer uma análise específica para cada conjunto de fatores para alcançar uma melhor compreensão dos mesmos.

Abate e Jong (2014) estudaram o processo de escolha do tamanho do veículo, dentre cinco modelos de caminhões, a partir de dados de diários de viagens na Dinamarca, considerando as seguintes variáveis para essa escolha, sendo que todas já foram citadas em pelo menos algum dos trabalhos anteriores:

- a) distância da viagem;
- b) capacidade máxima legal do veículo;
- c) peso da carga (ton);
- d) custo total de operação por tonelada do veículo;
- e) tamanho da frota da empresa;
- f) idade dos veículos;

- g) demanda total de transporte de carga do par origem-destino;
- h) preço médio mensal do combustível (diesel) por litro;
- i) se a frota é própria ou terceirizada.

Arencibia *et al.* (2015) utilizaram uma técnica avançada de modelagem para analisar a demanda por transportes de cargas no contexto da escolha modal. Para isso, a coleta de dados foi conduzida a fim de estimar os principais atributos preferidos pelos embarcadores que definem os serviços fornecidos pelos diferentes modos de transportes: rodoviário (opção atual), marítimo e ferroviário (alternativas disponíveis). Os atributos encontrados foram:

- a) custo;
- b) tempo de trânsito;
- c) frequência;
- d) pontualidade;
- e) perdas;
- f) flexibilidade;
- g) rastreabilidade;
- h) impactos ambientais;
- i) cronogramas.

Esta pesquisa trouxe um atributo novo, que é a rastreabilidade. Atualmente, é praticamente uma obrigação da transportadora possuir veículos rastreados, tanto por questões de segurança da carga, como também para proporcionar o acompanhamento da entrega ao consumidor. Há alguns anos, este atributo poderia ser um diferencial; entretanto, hoje está mais propenso a ser um fator qualificador para operar no mercado de transporte.

A pesquisa de Simecek e Dufek (2016) trabalhou com dados das principais transportadoras da Eslováquia. As entregas foram caracterizadas pelo tipo de carga transportada, distância total percorrida e modo de transporte utilizado atualmente. Os atributos considerados para cada uma das alternativas foram:

- a) modo de transporte;
- b) tempo de viagem;
- c) confiabilidade.

Apesar de utilizar poucos atributos para a análise, é importante ressaltar a existência do critério “confiabilidade” que engloba fatores como atrasos e perdas, os quais tratam de ocorrências praticamente inaceitáveis para o mercado atual.

Por fim, Kim *et al.* (2017) realizaram um estudo para compreender o processo de tomada de decisão sobre o modo de transporte de carga a ser utilizado pelas empresas, transportadoras e agentes na Nova Zelândia. Eles observaram que esse comportamento depende de dois componentes: alguns atributos observáveis e heterogeneidade latente não observável. Com isso, os atributos considerados foram:

- a) preço;
- b) tempo de serviço
- c) confiabilidade e flexibilidade;
- d) conectividade do modo;
- e) segurança e potencial de perdas;
- f) facilidade de transferência intermodal;
- g) necessidade de tratamento especializado;
- h) capacidade;
- i) valor agregado das atividades na cadeia de suprimentos;
- j) questões ambientais e sustentáveis.

Este trabalho, junto com Arencibia *et al.* (2015), foram os únicos a tratar de questões ambientais e sustentáveis. Até o momento, principalmente no Brasil, podem ser fatores que tenham baixa importância na escolha modal. Mas espera-se que seja uma realidade que irá mudar ao decorrer dos próximos anos, devido ao aumento da preocupação com o meio ambiente e eficiência energética.

3.1 Síntese dos atributos relevantes

Como houve uma grande quantidade de trabalhos tratando da escolha modal para o transporte de cargas, é importante uma discussão que vise identificar uma coerência a respeito dos atributos encontrados nos trabalhos apresentados. Por meio desta revisão bibliográfica, constata-se que, apesar de ter similaridades entre alguns trabalhos, ainda não existe um consenso acerca dos atributos que devem ser necessariamente utilizados nos modelos de escolha modal no transporte de carga. Além disso, pelo fato da existência de atributos tão diferentes entre si, é conveniente dividi-los em categorias a fim de contribuir com a análise dos mesmos, conforme apresentado na Tabela 3. Ao final da Tabela 3, pode-se observar a ocorrência de cada um dos atributos encontrados, bem como o número de observações total dos atributos dos artigos em cada categoria.

Tabela 3 – Síntese dos atributos relevantes encontrados na literatura

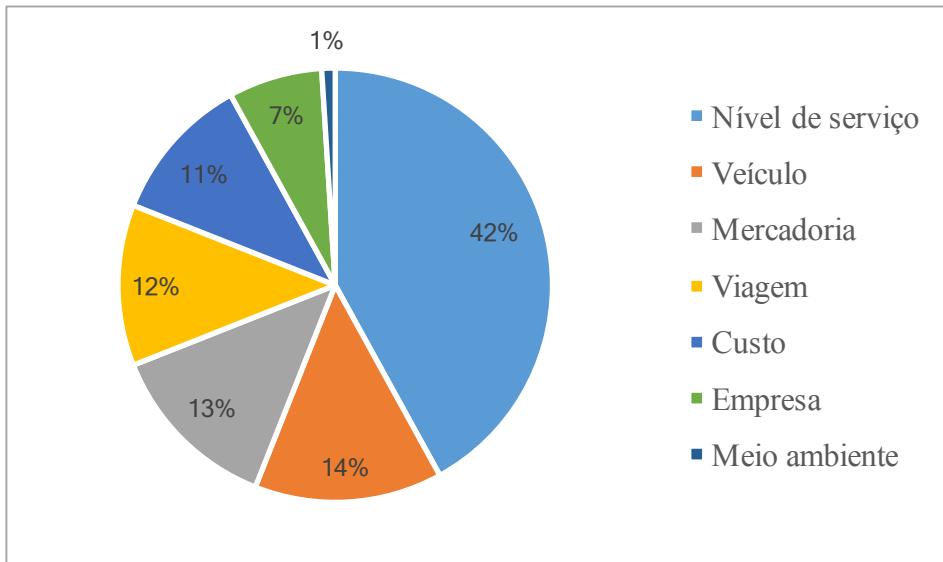
Mercadoria	Empresa	Veículo	Custo	Viagem	Atributos Relevantes		Nível de Serviço	Meio Ambiente
					Atividade econômica	Vendas/ano		
1 Cook (1967)					Tipo de carga			
2 Roberts (1971)					Peso da carga			
3 Azzam e Linsenmeyer (1987)					Volume da carga			
4 Diet e Meyrick (1989)			x		Tamanho do lote			
5 Mater e Gray (1993)					Características da carga			
6 Nam (1997)			x	x	Variedade de tipos de carga			
7 Abdellatif (1998)		x	x	x				
8 Jiang <i>et al</i> (1999)		x	x	x				
9 Allen <i>et al</i> (2000)	x	x	x	x				
10 Cullinane e Toy (2000)		x	x	x				
11 Camargo (2000)			x	x				
12 Shingal e Fowkes (2002)			x	x				
13 Holquin-Veras (2002)	x		x	x				
14 Stanton e Senna (2003)			x	x				
15 Noronha e Young (2003)			x	x				
16 Witlox e Vandaele (2005)			x	x				
17 Puckett e Hensher (2008)			x	x				
18 Rich <i>et al</i> (2009)	x		x	x				
19 Wang e Hu (2012)	x		x	x				
20 Abate e Jong (2014)	x	x	x	x				
21 Averciba <i>et al</i> (2015)		x	x	x				
22 Simcek e Dufek (2016)			x	x				
23 Kim <i>et al</i> (2017)			x	x				
Número de observações	6	4	3	4	2	2	2	2
Número de observações total	22	12	24	18	19	68	2	2

Os atributos encontrados nos trabalhos pesquisados foram agrupados em sete classes, possibilitando uma análise mais aprofundada acerca da natureza desses critérios e uma melhor compreensão de suas interrelações:

- a) atributos relacionados à mercadoria: tipo de carga, peso da carga, volume da carga, tamanho do lote, características da carga, variedade de tipos de carga;
- b) atributos relacionados à empresa: atividade econômica, vendas/ano, número de empregados, experiências anteriores, tamanho da transportadora, infraestrutura disponível;
- c) atributos relacionados ao veículo: tamanho da frota, condições do veículo, capacidade do veículo, se a frota é própria ou terceirizada, idade do veículo, modo de transporte;
- d) atributos relacionados ao custo: custo total, preço do combustível, taxas baseadas na distância;
- e) atributos relacionados à viagem: distância, número de viagens no dia, par origem-destino, acessibilidade média, número de paradas, restrições de circulação, vagas para carga/descarga, tipos (uso do solo) das áreas de entrega;
- f) atributos relacionados ao nível de serviço: tempo, frequência, confiabilidade, flexibilidade, perdas/danos, tempo de espera, rastreabilidade, serviço de atendimento ao cliente (SAC), tempo de fluxo livre, tempo de congestionamento, resposta rápida;
- g) atributos relacionados ao meio ambiente: impactos ambientais.

Da análise da Figura 1, verifica-se que os atributos relacionados ao nível de serviço são os mais recorrentes, tendo sido observados como relevantes em 42% das observações.

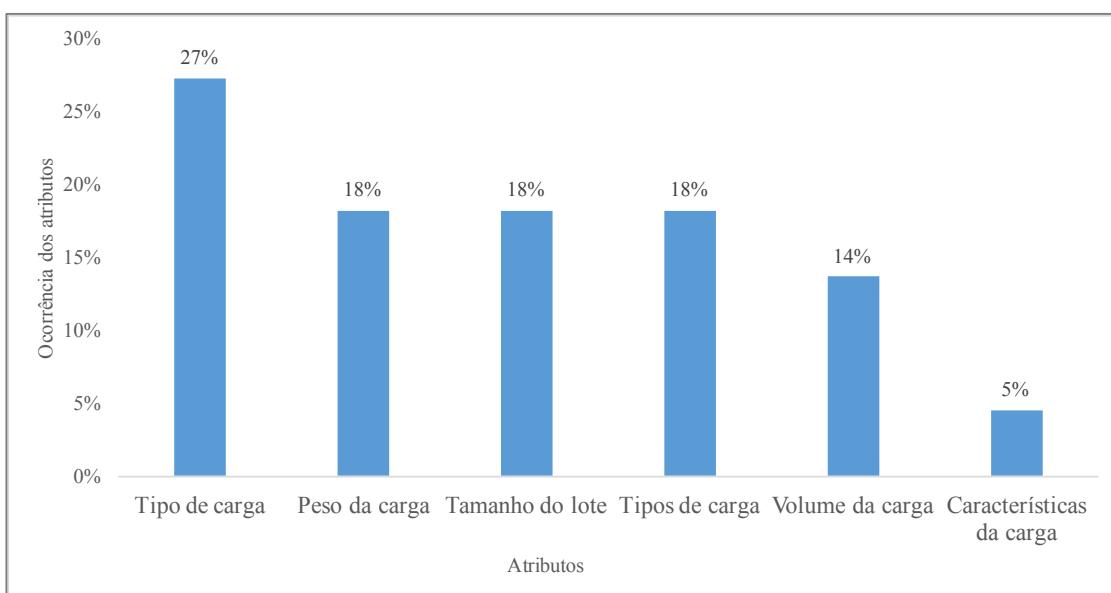
Figura 1 - Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura por categorias



Fonte: própria.

Conforme apresentado na Figura 2, dentre os atributos relacionados à mercadoria, o tipo de carga é o atributo com maior ocorrência, aparecendo em 27% das observações como o atributo de mercadoria relevante, seguido pelo peso da carga (18%), tamanho do lote (18%) e tipos de carga (18%).

Figura 2 - Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura na categoria mercadoria.

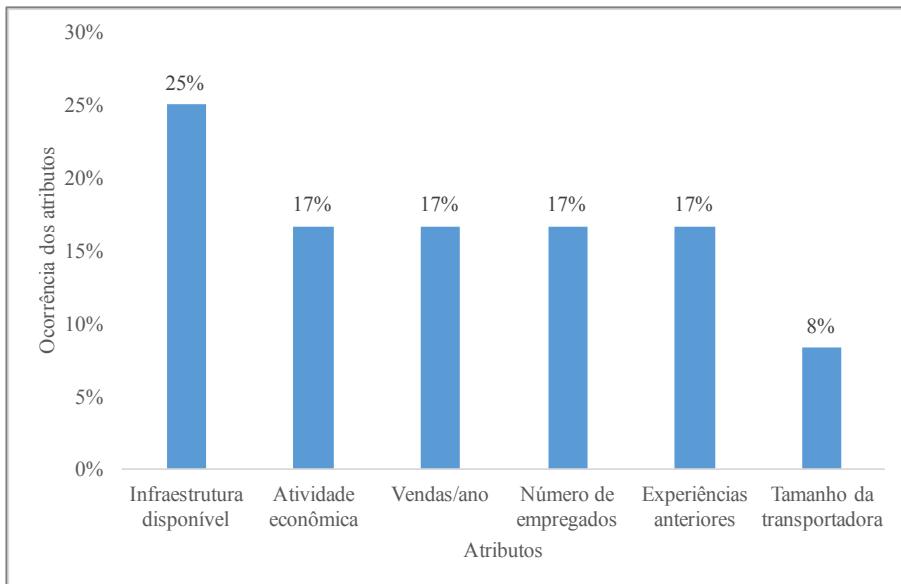


Fonte: própria.

Dentre os atributos relacionados à empresa (Figura 3), a infraestrutura disponível

é o atributo de maior ocorrência, aparecendo e 25% das observações, sendo seguido por atividade econômica (17%), vendas/ano (17%), número de empregados (17%) e experiências anteriores (17%).

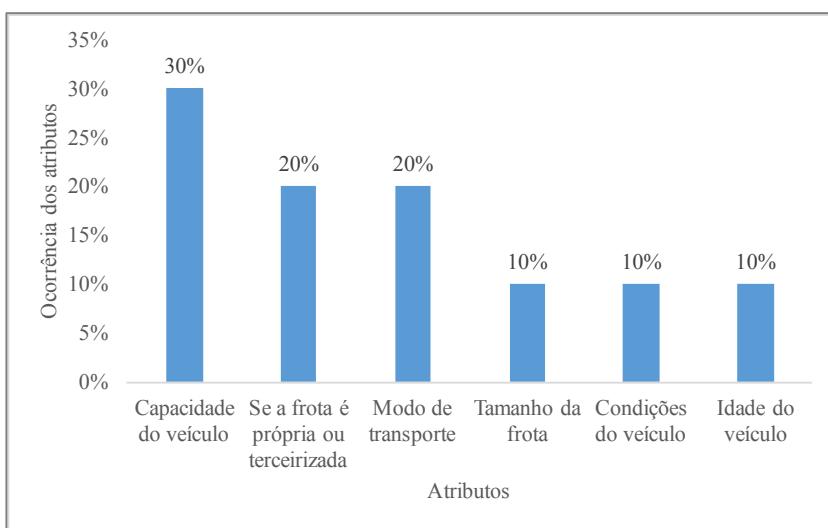
Figura 3 - Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura na categoria empresa



Fonte: própria.

Dentre os atributos relacionados ao veículo (Figura 4), a capacidade do veículo é o atributo com maior ocorrência, aparecendo em 30% das observações, sendo seguido por: se a frota é própria ou terceirizada (20%) e modo de transporte (20%).

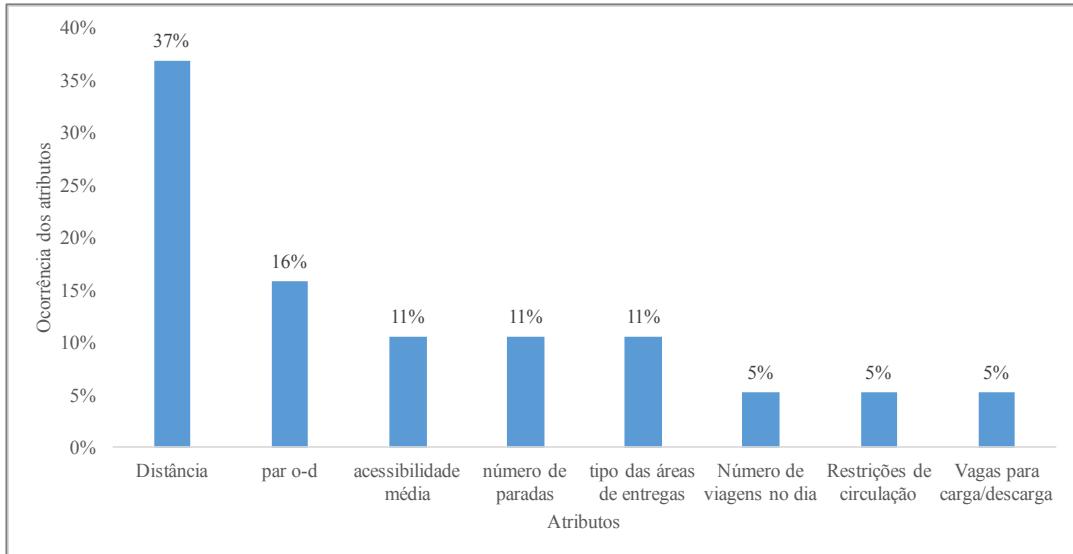
Figura 4 - Ocorrência dos atributos na Literatura na categoria veículo



Fonte: própria.

Dentre os atributos relacionados à viagem (Figura 5), a distância a ser percorrida é o atributo com maior ocorrência, aparecendo em 37% das observações, sendo seguido pelo par origem-destino (16%).

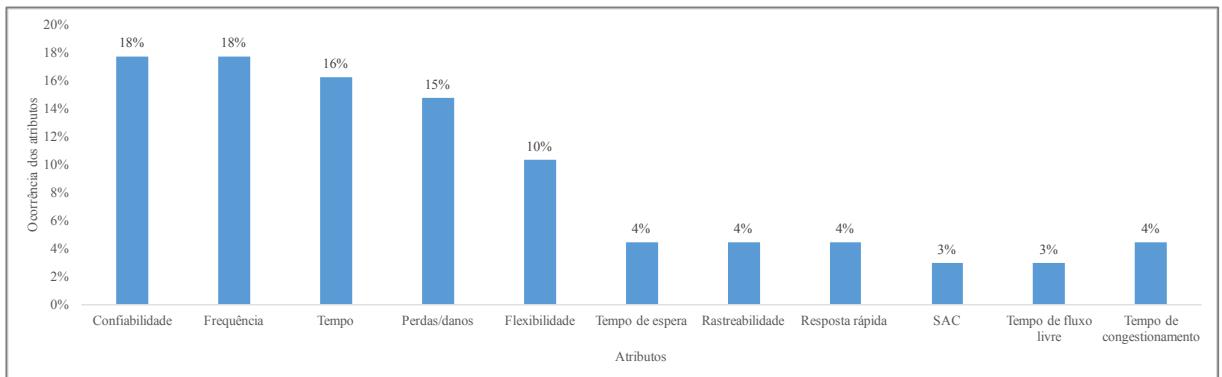
Figura 5 - Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura na categoria viagem.



Fonte: própria.

Dentre os atributos relacionados ao nível de serviço (Figura 6), a confiabilidade e a frequência são os atributos com maiores ocorrências, aparecendo em 18% das observações, cada um deles.

Figura 6 - Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura na categoria nível de serviço.

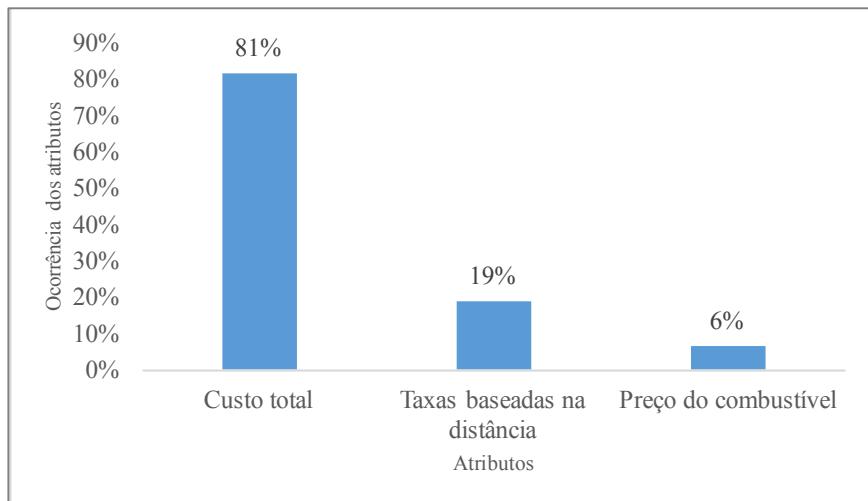


Fonte: própria.

Dentre os atributos relacionados ao custo (Figura 7), o custo total é atributo com

maior ocorrência, aparecendo em 81% das observações, sendo seguido por taxas baseadas com a distância (19%) e preço do combustível (6%).

Figura 7 - Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura na categoria custos.



Fonte: própria.

3.2 Atributos para a escolha do veículo urbano de carga no Brasil

Dispondo dos atributos que influenciam a escolha modal para o transporte de carga geral obtidos na revisão da literatura, faz-se necessária a análise de cada categoria de atributos que se encaixam à situação específica do transporte urbano de mercadorias no Brasil, sendo elas: nível de serviço, mercadoria, viagem, custo, veículo, meio ambiente e empresa.

Em relação aos atributos da mercadoria, todos eles podem ser incorporados ao transporte urbano, uma vez que se entende que as características da carga são importantes para a escolha do veículo de transporte (HOLGUÍN-VERAS, 2002; WANG e HU, 2012; ABATE e JONG, 2014). Os atributos da empresa também podem ser considerados no TUC, pois as características da transportadora podem refletir nos tipos de veículos que ela possui (CULLINANE e TOY, 2000).

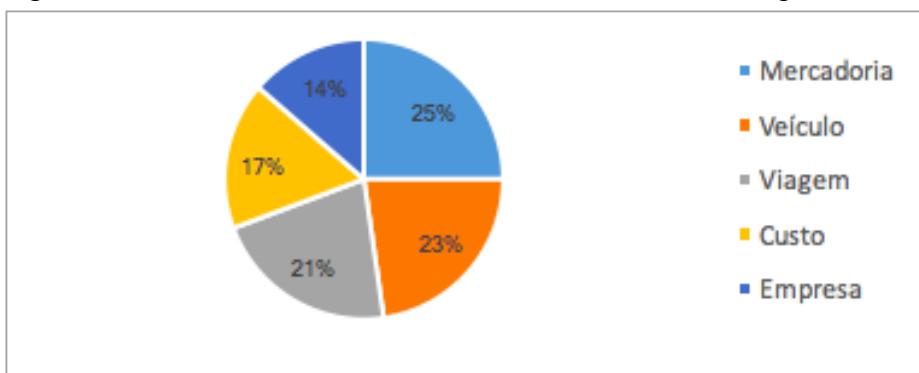
Os atributos do veículo obrigatoriamente precisam ser considerados quanto à escolha modal para o transporte urbano de carga, já que os *trade-offs* existentes entre a oferta disponível de veículos serve de base para a tomada das decisões (SIMECEK e DUFEK, 2016).

Em relação aos atributos da viagem, todos eles podem ser considerados na escolha veicular para o TUC e tratam das principais restrições enfrentadas pelo transporte urbano, gerando pressão para a escolha de determinados veículos (WANG e HU, 2012). Por outro lado, ao avaliar os atributos do nível de serviço, chegou-se à conclusão que os mesmos não se encaixam à realidade estudada (transporte urbano de carga), pois essas características estão mais intrinsecamente relacionadas à escolha dos modos de transporte (rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeroviário) (AREN CIBIA *et al.*, 2015). Como todos os veículos de transporte urbano de cargas pertencem ao modo rodoviário, seria difícil identificar (ou até mesmo impossível) os *trade-offs* existentes, pois as características seriam similares para todos os veículos analisados.

Em relação aos atributos do custo, apenas o atributo 'taxas baseadas na distância' não se encaixa ao fenômeno estudado, uma vez que está relacionado ao transporte regional de mercadorias (PUCKETT e HENSHER, 2008). Na categoria meio ambiente, foi identificado apenas o atributo 'impactos ambientais'. Entretanto, essa preocupação ainda não faz parte da realidade brasileira.

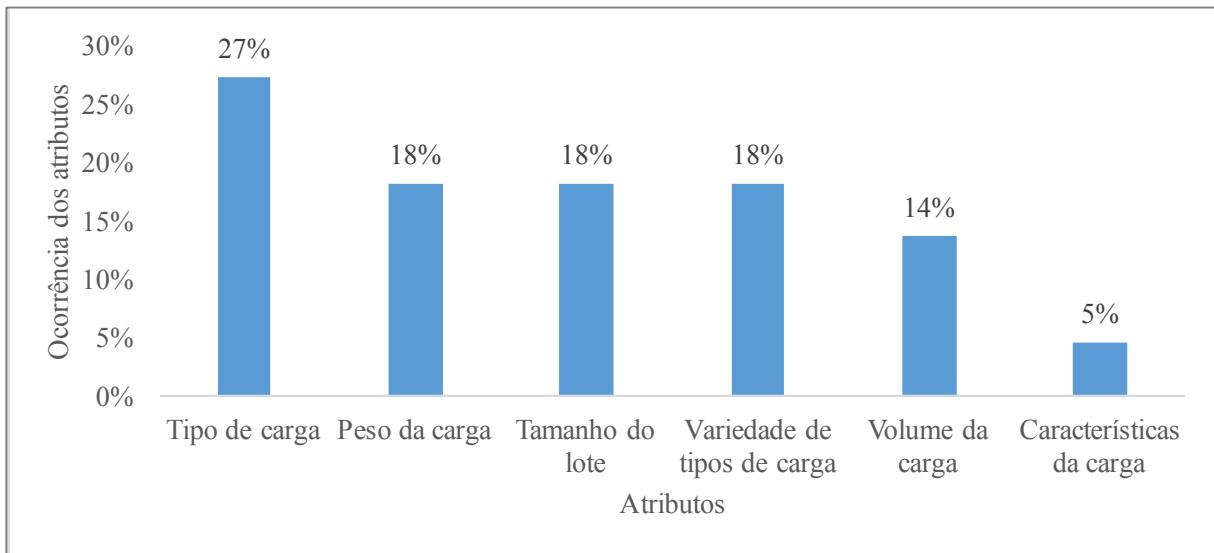
A partir dessa análise, são identificadas as categorias pertencentes aos atributos para a tomada de decisão quanto à escolha do veículo de transporte de carga urbana, conforme Figura 8. Na Figura 9, 10, 11, 12 e 13 encontram-se os atributos pertencentes a cada categoria que irão compor as próximas fases deste estudo.

Figura 8 - Ocorrência dos atributos na Revisão da Literatura para o TUC.



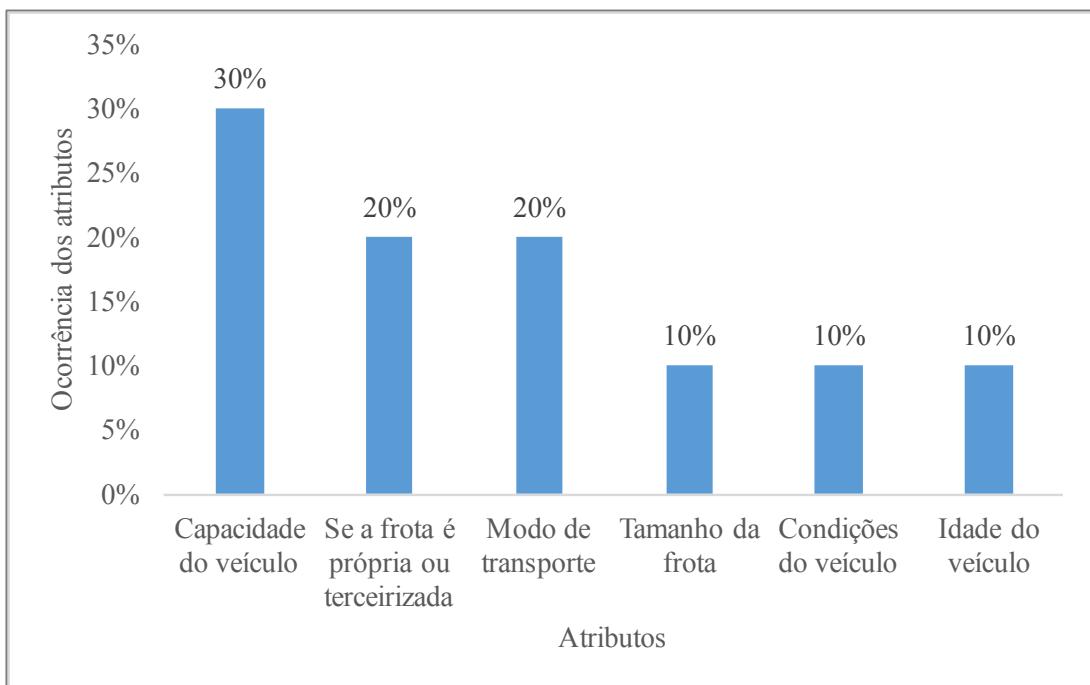
Fonte: própria.

Figura 9 - Ocorrência dos atributos para escolha do TUC na categoria mercadoria.



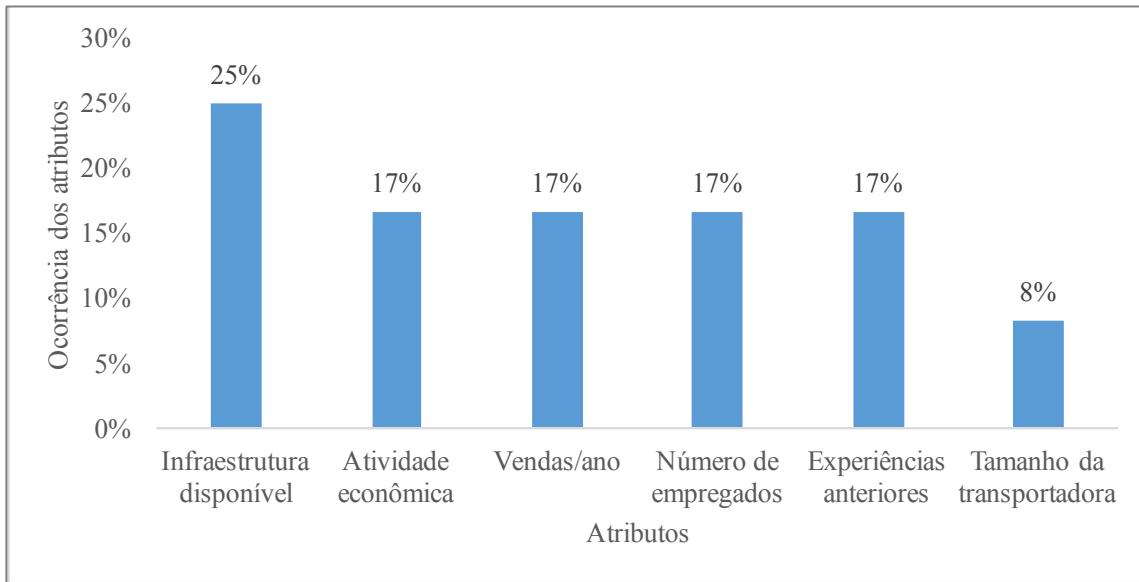
Fonte: própria.

Figura 10 - Ocorrência dos atributos para escolha do TUC na categoria veículo.



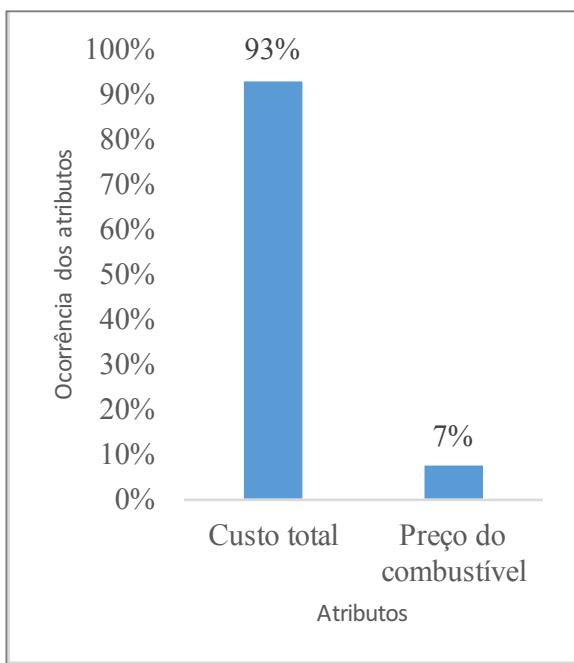
Fonte: própria.

Figura 11 - Ocorrência dos atributos para escolha do TUC na categoria empresa.



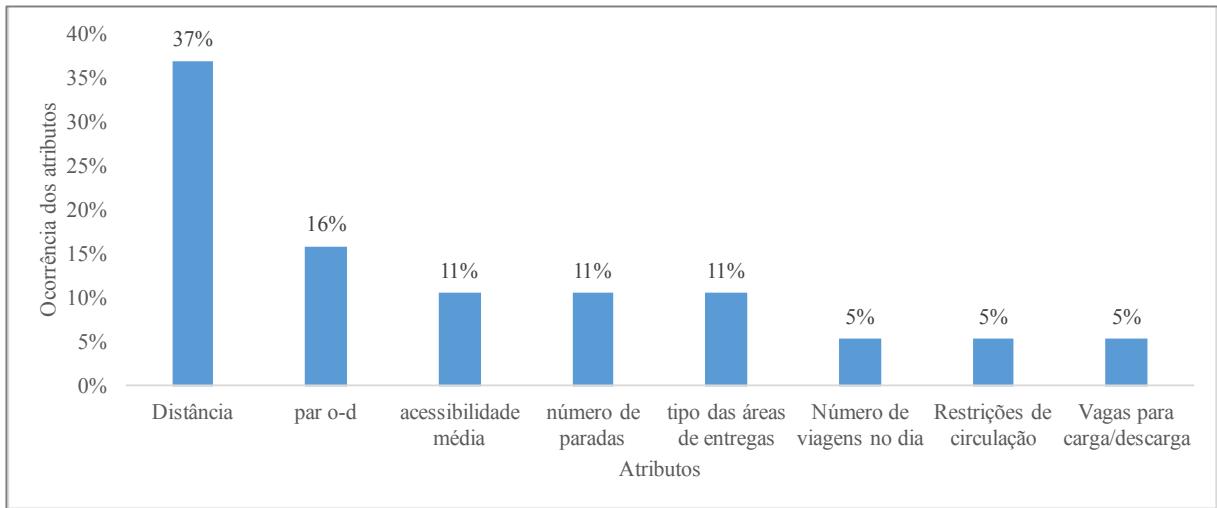
Fonte: própria.

Figura 12 - Ocorrência dos atributos para escolha do TUC na categoria custos.



Fonte: própria.

Figura 13 - Ocorrência dos atributos para escolha do TUC na categoria viagem.



Fonte: própria.

3.3 Considerações finais

Este capítulo trata dos principais atributos considerados na escolha modal para o transporte de cargas e, posteriormente, foi feita uma síntese dos atributos relacionados ao transporte urbano de cargas. Assim, reconhece-se a variedade de atributos existentes para a escolha veicular e, consequentemente, a dificuldade de avaliá-los concomitantemente. Desse modo, é mais coerente agrupá-los em categorias.

Em busca de uma maior compreensão sobre a escolha veicular, o capítulo a seguir utilizará a modelagem como ferramenta de análise e explanará como este processo pode contribuir na compreensão da problemática, com foco na avaliação dos fatores chaves para o processo de escolha veicular para o transporte urbano de cargas.

4 MODELAGEM PARA A COMPREENSÃO DA ESCOLHA VEICULAR

A compreensão do processo de escolha do modo tem sido uma das principais preocupações entre os pesquisadores de transportes (REIS, 2014). Por sua vez, a complexidade e heterogeneidade relacionadas à escolha modal no transporte de cargas faz com esse este campo seja mais difícil de ser analisado, se comparado ao transporte de pessoas (ROMÁN *et al.*, 2017).

Modelos comportamentais baseados em cenários reais ou até mesmo hipotéticos podem avaliar as preferências dos usuários em relação às alternativas apresentadas a ele, constituindo uma ferramenta importante para auxiliar os planejadores de transportes, nortear políticas públicas de transportes e avaliar suas interrelações, que são apoiados pela estatística e teorias de ciência comportamental (BEN-AKIVA *et al.*, 2013; MAGALHÃES e PALHARES, 2013).

Para compreender a complexidade do sistema de transporte urbano de carga, pesquisadores de diversas áreas propuseram várias abordagens qualitativas. A existência de uma grande variedade de modelos deve-se ao fato de que alguns modelos propostos são úteis para determinar os critérios de decisões para a movimentação de carga e outros tem o interesse fundamental em prever futuros fluxos de carga a um nível local ou regional (KHAN, 2015), sendo o primeiro motivo que condiz com esta pesquisa de mestrado.

A escolha por parte do tomador de decisão pode ser compreendida de modo que suas preferências determinam seu comportamento por meio de uma função utilidade (MCFADDEN, 1974), que assume que a preferência do tomador de decisão por uma alternativa pode ser representada por um valor de utilidade escalar. Desse modo, o indivíduo, diante de uma necessidade de tomar uma decisão de um bem ou serviço, analisa um conjunto de alternativas disponíveis escolhendo aquela cujo atributo, ou conjunto de atributos, proporciona o maior nível de satisfação (SILVA, 2010).

Ben-Akiva e Lerman (1985) explicam que a escolha é composta por um conjunto de procedimentos que envolvem quatro fatores principais: o tomador de decisão, as alternativas, os atributos das alternativas e as regras de decisão. Com isso, esta pesquisa de mestrado aborda as regras de decisão para avaliar as opções das características que influenciam a escolha do veículo urbano de carga (alternativas), segundo seus atributos em relação aos critérios (atributos), julgados pela transportadora (tomador de decisão).

Os modelos de escolha discreta são atualmente considerados como a metodologia mais adequada para analisar as preferências de um usuário de um determinado produto ou

serviço (ROMÁN *et al.*, 2017). Conforme reconhecido por Ben-Akiva *et al.* (2008), houve um considerável crescimento no uso de modelos comportamentais para analisar a demanda, bem como outros fatores, para o transporte de cargas durante as últimas décadas.

Em geral, os modelos de escolha discreta estão relacionados com a probabilidade de indivíduos escolherem uma dada opção em função das suas características socioeconômicas e atratividade relativa da opção (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). Para representar esta atratividade de uma opção, é usual recorrer ao conceito de *utilidade*, definida como o que um indivíduo/organização deseja maximizar. Isso quer dizer que as diferentes alternativas por si só não produzem utilidade, mas esta pode ser obtida por suas características e as do decisor, através, por exemplo, de uma utilidade observável definida como uma combinação linear de várias variáveis. Na bibliografia, a maioria dos autores, como Ben-Akiva *et al.* (2013) e Greene e Hensher (2010), sugerem o uso de funções de utilidade para os modelos de escolha discreta. A maioria deles sugere expressões do tipo:

$$U_{jq} = \sum_k V_{jkq} + \varepsilon_{jq} \quad (1)$$

ou

$$\sum_k (B_{kj} + X_{jkq}) = U_{jq} = \varepsilon_{jq} \quad (2)$$

Em que:

U_{jq} : Utilidade do modo j avaliada pelo indivíduo q ;

V_{jkq} : Parte mensurável, observável ou representativa da utilidade do modo j pelo indivíduo q ;

X_{jkq} : Atributo mensurável k na quantificação da utilidade do modo j pelo indivíduo q ;

β_{kj} : Peso do atributo k , constante para todos os indivíduos q , mas que varia segundo o modo j ;

ε_{jq} : Parte aleatória, que reflete variáveis intrínsecas do indivíduo q em relação ao modo j , bem como eventuais erros de observação de modelagem, ou seja, é a diferença entre a utilidade real de um modo j para um indivíduo q e a utilidade que é possível de determinar pelo analista.

Estes modelos podem ser estimados a fim de determinar o efeito dos atributos de transporte na preferência dos gestores logísticos (LARRANAGA *et al.*, 2017), possibilitando a análise da escolha do modo de transporte e os fatores que estão relacionados a ela. Estas técnicas fornecem meios estatísticos para quantificar a relação entre a escolha e os fatores potenciais que a afetam (WANG e HU, 2012).

Assim, apresentam-se como uma ferramenta de modelagem potente, com fundamentação teórica sólida, uma vasta aplicação a diferentes situações reais, e consistente com metodologias comuns de coleta de dados, sendo, o modelo Logit Multinomial, o mais utilizado (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

4.1 Modelo Logit Multinomial

O Modelo Logit Multinomial (MNL) tem a capacidade de capturar o comportamento de escolha veicular para a movimentação urbana de carga (WANG e HU, 2012). Tendo isso em vista, vários estudos foram conduzidos para analisar a movimentação em áreas urbanas por meio do modelo logit (KIM *et al.*, 2014). Abate e Jong (2014) utilizaram o MNL para estimar a escolha veicular, com veículos classificados em cinco diferentes tamanhos para examinar os determinantes do processo dessa escolha. Arencibia *et al.* (2015) obtiveram, por meio do modelo logit, a disposição que os gestores de transportes tinham em pagar para melhorar os níveis de serviço, e a elasticidade da probabilidade de escolha dos diferentes atributos. Nuzzolo e Comi (2011) propuseram modelos logit para simular a escolha do veículo de um revendedor que abastece seus clientes com frota própria. Além disso, (STEFAN *et al.*, 2005; HUNT e STEFAN, 2007; JONG *et al.*, 2016) aplicaram o MNL para estudar o comportamento da escolha veicular em áreas urbanas.

Ben-Akiva *et al.* (2013) explicam que o modelo logit multinomial (MNL) é o modelo de escolha discreta mais simples e mais popular. O MNL calcula a probabilidade que a unidade de decisão (por exemplo, indivíduo, residência, empresa, etc.) escolha uma dada opção de um conjunto de alternativas pela utilidade dessas alternativas, de acordo com:

$$P_n(i) = e^{V_{ni}} / \sum e^{V_{nj}} \quad (3)$$

Em que:

$P_n(i)$ = A probabilidade que o indivíduo n irá escolher a alternativa i .

V_n = O valor da variável de resposta para o indivíduo n .

C_n = O conjunto de alternativas.

V_{ni} = O componente mensurável da utilidade da alternativa i for o indivíduo n .

O entrevistado avalia a função utilidade para cada alternativa e escolhe a alternativa com a maior utilidade. Como as funções utilidade não são conhecidas completamente, elas são especificadas com um termo de erro aleatório.

As probabilidades de escolha para este tipo de modelo derivam da independência de alternativas irrelevantes (IIA). Esse pressuposto, apesar de simplista, pode aplicar-se a algumas situações, mas muitas situações reais não seguem esta independência. Quando os atributos de uma alternativa são melhorados, por exemplo, o seu custo diminui; a sua probabilidade de ser escolhida aumenta, levando alguns indivíduos que, em condições iniciais, não escolheriam outras opções, a escolher a alternativa melhorada. Considerando que a soma das probabilidades é um aumento da probabilidade de escolha de uma resulta a uma diminuição da probabilidade de escolha das restantes (BEN-AKIVA *et al.*, 2013).

Se considerarmos a razão entre probabilidades, segundo o modelo *logit* para as duas alternativas i e j , a mesma é dada por:

$$\frac{P_{ni}}{P_{nj}} = \frac{\frac{e^{V_{ni}}}{\sum_k e^{V_{nk}}}}{\frac{e^{V_{nj}}}{\sum_k e^{V_{nk}}}} = \frac{e^{V_{ni}}}{e^{V_{nj}}} = e^{V_{ni} - V_{nj}} \quad (4)$$

Assim, a razão não depende de outras alternativas i e j , ou seja, a probabilidade relativa de escolha i ou j é a mesma independente das outras alternativas ou dos seus atributos. Como a razão não depende de outras alternativas diz-se que são independentes de alternativas irrelevantes (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

O modelo *logit* apresenta diversas propriedades:

- a probabilidade P_{ni} está necessariamente entre 0 e 1;
- a probabilidade de escolha nunca é igual a 0, então se se considerar que uma alternativa não tem chances de ser escolhida, deve ser retirada do conjunto de opções;
- a probabilidade de escolha igual a 1 só pode ser obtida se só houver uma alternativa.

Para Ortúzar e Willumsen (2011), o fato de o modelo considerar a independência entre as alternativas irrelevantes, foi encarado inicialmente como uma vantagem destes modelos, uma vez que permitia tratar de forma simples a introdução de uma nova alternativa inexistente na altura de calibração do modelo (se os atributos fossem conhecidos), sendo atualmente encarado com uma desvantagem que invalida o modelo na presença de

alternativas correlacionadas (exemplo clássico dos ônibus vermelho e azul). A fim de superar essa limitação das premissas do MNL, existem modelos mais robustos que conseguem modelar adequadamente um maior escopo de situações, como o modelo Logit Multinomial com Probabilidade Condicional que estuda a preferência dos entrevistados a partir da ordenação de alternativas pesquisadas (SOUZA, 1999).

4.2 Modelo Logit Multinomial com Probabilidade Condicional

O modelo matemático Logit Multinomial com Probabilidade Condicional (LMPC) é uma derivação do MNL, tendo como finalidade estimar os parâmetros da função utilidade em algumas situações em que o MNL pode vir a produzir estimativas viesadas de β (Souza, 1999).

Existem situações em que se pretende analisar apenas os fatores que influenciam determinada escolha e como eles se comportam. São experimentos não-rotulados, que não existe a necessidade de identificação das alternativas. Diferentemente do MNL, quando utilizado para escolha modal, em que obtém-se uma utilidade relacionada aos modos de transporte considerados, o LMPC busca a utilidade de cada uma das alternativas que são compostas apenas pela combinação dos atributos. Sendo assim uma ferramenta adequada para esta pesquisa de mestrado, pois não busca alcançar as utilidades de determinados tipos de veículos, mas sim a utilidade dos fatores que exercem influência sobre a escolha desses veículos.

Segundo Souza (1999), nessa situação, a utilização do MNL simples implicaria nos seguintes fatores:

- a) Conflito com a propriedade IID (independência de alternativas irrelevantes);
- b) Falta de comparação par a par entre todas as alternativas de A (conjunto de todas as alternativas), através dos A_j (subconjuntos de alternativas);
- c) Não consideração da influência dos diversos subconjuntos; isto é, a probabilidade condicional não é levada em conta no modelo logit multinomial.

Buscando evitar esses fatores indesejados, Souza (1999) propôs o Modelo Logit Multinomial com Probabilidade Condicional (LMPC), com a seguinte formulação:

$$P_n \left(\frac{j}{C_b} \subset C \right) = \frac{\sum_{i=1}^J e^{\beta' X_{jnb}}}{\sum_{b=1}^B \sum_{i=1}^J e^{\beta' X_{inb}}} \frac{e^{\beta' X_{jnb}}}{\sum_{i \in C_b} e^{\beta' X_{inb}}} \quad (5)$$

Em que:

$$C = \sum_b C_b \quad (6)$$

C_b = conjunto de alternativas apresentadas ao indivíduo n;

B = total de subconjuntos em C;

β' = vetor de parâmetros (vetor transporte de β);

X_{jnb} = vetor dos valores dos atributos para o indivíduo n, para a alternativa j, no subconjunto (bloco) b.

A partir desse modelo matemático, Souza (1999) desenvolveu o software LMPC (Logit Multinomial com Probabilidade Condicional), capaz de estimar os parâmetros da função utilidade, identificar dados discrepantes, dimensionar o tamanho da amostra e determinar as elasticidades direta e cruzada. Para a análise dos dados, ele fornece:

- a) Teste da estatística ρ^2 , considerado como pseudo coeficiente de determinação (R^2);
- b) Teste t ;
- c) Teste da razão de verossimilhança: $LR = -2\{L(0) - (\beta^*)\}$.

Para obtenção dessas informações, é necessário coletar dados com os tomadores de decisão do objeto de estudo. Assim, a seguir serão discutidas técnicas de pesquisa de preferência que fornecem ferramentas sólidas para este fim.

4.3 Coleta de dados para modelagem da escolha veicular

Na literatura, dois principais métodos podem ser abordados para a coleta de dados e avaliação de atributos para o transporte: preferência revelada (PR) e preferência declarada (PD) (WITLOX e VANDAELE, 2005). Tanto a PR como PD assumem que o comportamento do indivíduo maximiza a função utilidade.

4.3.1 Preferência Revelada (PR) e Declarada (PD)

A pesquisa de preferência revelada é baseada em dados obtidos por observação direta ou questionamentos sobre situações reais nas abordagens convencionais para a análise

de preferência e previsão de comportamento. Desse modo, obtém-se apenas uma informação específica, a escolha real feita pelo indivíduo, sendo que as demais não são identificadas (CAMARGO, 2000). Neste método, é observado o comportamento real da amostra representativa dos respondentes a fim de obter a informação requerida referente aos atributos avaliados (GREENE e HENSHER, 2010).

Por outro lado, a abordagem de preferência declarada refere-se a uma família de técnicas que utiliza respostas individuais a respeito da preferência em um conjunto de opções, com a finalidade de estimar funções utilidade (KROES e SHELDON, 1988; SHELDON, 1991). Este conjunto pode ser estabelecido a partir de descrições típicas de situações de transporte ou qualquer outro contexto construído pelo pesquisador (CAMARGO, 2000).

A preferência revelada é, em muitos casos, mais atrativa do que a preferência declarada, simplesmente porque ela representa a real escolha do mercado. Entretanto, a PD possui algumas vantagens que advêm justamente das desvantagens da PR. Com isso, o uso da preferência declarada é necessário em alguns casos e muito útil em outros: nem sempre os dados disponíveis de PR possuem a informação desejada ou pode ser muito caro obtê-la (BEN-AKIVA *et al.*, 2013).

A preferência declarada tem a vantagem que o pesquisador possui o controle de todos os atributos e os conjuntos de escolhas são manipulados. Isso também permite que o pesquisador possa estudar como as escolhas podem variar se o tamanho ou a composição dos conjuntos de escolhas sofrerem alteração, o que não é possível com a PR. Outra importante característica da abordagem PD é a habilidade de introduzir e controlar certas restrições de escolhas, como a pressão do tempo, não disponibilidade de opções de escolhas preferidas, efeitos substitutos, etc. Também pode ser argumentado que, embora na modelagem da PR a coleta de dados seja mais fácil que nos modelos PD, a última abordagem é menos cara porque os tamanhos da amostra necessários para produzir resultados significantes são menores (MATEAR e GRAY, 1993; WITLOX e VANDAELE, 2003).

Kroes e Sheldon (1988) ressaltam que a modelagem de dados de preferência declarada tem a vantagem de evitar problemas relacionados com os altos índices de correlação, da mesma forma que o número de variáveis pode ser controlado, evitando situações de variáveis não observadas ou indesejáveis. Ainda como vantagem adicional, a técnica de preferência declarada constitui um potente instrumento para a avaliação de produtos ou serviços ainda não existentes.

Entretanto, a modelagem de preferência declarada possui algumas limitações. Primeiramente, experimentos de escolha são difíceis de construir e a projeção da pesquisa é

um aspecto crítico do sucesso. Desse modo, é essencial garantir que as situações de escolhas hipotéticas e os atributos utilizados para defini-las não sejam ambíguos e que sejam relevantes para a escolha real no contexto do tomador de decisão. Em segundo, modelos PD dependem da suposição de que a tomada de decisão em condições quase laboratoriais está relacionada ao comportamento de escolha do mundo real. Isso levanta a questão da validade externa da abordagem da modelagem (BEUTH *et al.*, 2005)

Pode ser argumentado que as pessoas irão revelar suas preferências verdadeiras apenas em situações reais. Como também, dado o risco que os entrevistados não fazem necessariamente aquilo que eles dizem, pode-se duvidar seriamente da hipótese de validade das respostas em condições experimentais. Nesse caso, a preferência declarada talvez não esteja muito próxima de suas preferências reais ou escolhas como exercidas na realidade (DANIELIS, 2002). Entretanto, nos últimos anos, uma quantidade substancial de evidências empíricas veio à tona em apoio da modelagem da preferência declarada (REIS, 2014; KIM *et al.*, 2017).

Ben-Akiva *et al.* (2013) cita razões em que é desejável utilizar dados de preferência declarada:

- a) identificação: existem casos onde certos efeitos não podem ser identificados por meio de dados de PR. Por exemplo, não é possível em dados de preferência revelada capturar respostas a produtos que ainda não estão disponíveis no mercado (como programas de bicicletas compartilhadas) ou atributos que ainda não estão presentes em produtos (como um novo recurso para um telefone celular ou informação em tempo real para ônibus);
- b) eficiência: existem outros casos onde os atributos talvez existam em níveis de interesse, mas o efeito é difícil de identificar usando PR também por causa da variabilidade limitada do atributo (como tarifas de trânsito) ou colinearidade dos atributos (como preço e qualidade);
- c) definição do conjunto de escolhas: no mercado real, o conjunto de escolha que o tomador de decisão encara, bem como os atributos dessas escolhas, muitas vezes não estão claramente especificados. É difícil classificar o conjunto de opções e os atributos; pessoas não são boas em articular suas opções de escolhas e atributos (particularmente de alternativas não escolhidas) e, mesmo se fossem, aumentaria significativamente a duração do questionário, aumentando os custos e reduzindo a taxa de respostas;

d) recursos de coleta de dados: em alguns casos, a coleta de dados da PR é muito cara e/ou consome muito tempo no processo de coleta. É geralmente mais barato projetar um experimento hipotético que pode ser administrado via computador ou através da web.

A Tabela 4 fornece mais detalhadamente as comparações, citando vantagens e desvantagens de cada abordagem em relação às dimensões: preferência, alternativas, atributos, conjunto de escolhas, número de respostas, elição de preferência.

Tabela 4 - Comparação entre Preferência Revelada e Preferência Declarada

	Preferência Revelada	Preferência Declarada
Preferência	Comportamento de escolha no mercado atual;	Declaração de preferência para cenários hipotéticos;
	Cognitivamente congruente com o comportamento real;	Pode ser cognitivamente incongruente com o comportamento atual;
	Restrições pessoais e de mercado são contabilizadas.	Restrições pessoais e de mercado podem não ser contabilizadas.
Alternativas	Alternativas atuais;	Alternativas geradas pelo analista;
	Respostas para alternativas não existentes não são observadas.	Pode provocar preferência por alternativa nova (não existente).
Conjuntos de escolhas individuais	Ambíguos em muitos casos.	Pré-especificado pelo analista.
Atributos	Podem incluir erros de medição;	Sem erros de medição;
	Atributos com correlação;	Multicolinearidade pode ser evitada pelo projeto de experimento;
	Escalas são limitadas.	As escalas podem ser estendidas pelo analista.
Número de respostas	Muitas vezes é difícil de obter múltiplas respostas de um mesmo indivíduo.	Questionamentos repetitivos são facilmente implementados.
Elicitação de preferência	Somente uma escolha é válida.	Vários formatos de preferências são válidos (ranking, rating, matching).

Fonte: Ben-Akiva *et al.* (2013).

A priori, para a compreensão do processo de escolha veicular para o transporte urbano de carga, a coleta de dados poderia ser tanto através de uma PD (WITLOX e VANDAELE, 2005; KIM *et al.*, 2017) ou PR (HOLGUÍN-VERAS, 2002; WANG e HU, 2012; ABATE e JONG, 2014). A maioria dos trabalhos que utilizam PR, obtêm seus dados através de diário de viagens das transportadoras.

Entretanto, não seria possível utilizar dessa estratégia no Brasil, uma vez que não existe um banco de dados consolidado e disponível com essas informações. Com isso, é necessário realizar pesquisas entrevistando diretamente o gestor logístico, o que leva à

próxima dificuldade, que é a baixa taxa de respostas comum em pesquisas de preferência (SAMIMI *et al*, 2011). Paralelamente a isso, a PD se apresenta como uma ótima alternativa, pois os cenários podem ser desenvolvidos pelo próprio analista e necessita-se de um menor número de respostas individuais para obtenção de resultados significantes. Sendo assim, o próximo tópico trata do desenvolvimento do experimento de uma PD.

4.3.2 Desenvolvimento de uma pesquisa de Preferência Declarada

Ben-Akiva *et al.* (2013) explicam que no desenvolvimento de uma pesquisa de preferência declarada, é necessário definir a configuração do experimento, que consiste no contexto do cenário hipotético bem como as alternativas que compõem o cenário. Esses perfis são definidos como conjunto de atributos com respectivos níveis. O entrevistado é apresentado ao conjuntos de alternativas, para serem avaliados. Nessa avaliação, obtém-se as preferências do entrevistado. Uma das vantagens que um pesquisa de PD pode ser apresentada de diferentes formas ao entrevistado, incluindo:

- a) *escolha*: esta forma é análoga à preferência revelada, em que o respondente é convidado a indicar uma alternativa preferida;
- b) *ranking*: o entrevistado indica a preferência de cada alternativa em relação às outras, fornecendo uma classificação (ordenação) completa do mais até o menos preferido;
- c) *rating*: o entrevistado coloca cada alternativa em uma escala de boa a ruim. Então, uma informação cardeal dos pontos fortes das preferências são obtidas.
- d) *matching*: é quando se faz perguntas diretas a respeito do valor relativo do atributo que está em *trade-off*. Esta técnica é mais utilizada quando feita com o atributo preço. Um exemplo é quando o transporte o tempo de viagem e o custo distinguem as diferentes alternativas modais e, portanto, uma escolha de modo representa um *trade-off* entre tempo e custo (modos mais rápidos custam mais e vice-versa).
- e) *alocação*: reunindo ainda mais informações, pode-se pedir ao entrevistado para dividir uma quantidade fixa de recursos (por exemplo, tempo e preço) para um conjunto de alternativas. Desse modo, gradualmente se obtém mais informações com cada indicador sucessivo listado.

É necessário realizar um esforço para que o experimento de tomada de decisão seja realístico. Entretanto, o realismo aumenta a complexidade (e consequentemente o custo) da coleta de dados. É relativamente barato obter múltiplas respostas para cada indivíduo em um experimento de PD. Por outro lado, a qualidade dos dados diminui à medida que o entrevistado se sente fatigado e assim, fornece suas decisões com menor precisão (BEN-AKIVA *et al.*, 2013).

Ben-Akiva *et al.* (2013) explicam as regras que definem a estratégia de amostragem:

- a) os possíveis resultados do processo de amostragem são definidos, onde o resultado é o conjunto de observações da população que resulta do processo de amostragem;
- b) a probabilidade pode ser avaliada para cada possível resultado para dado processo;
- c) um dos possíveis resultados é selecionado randomicamente com as probabilidades atribuídas do passo b;
- d) existe um estimador bem definido que usa a amostra e produz uma única estimativa para cada possível resultado.

Dados desagregados de escolha modal no transporte urbano de carga são escassos porque o número de tomadores de decisão no transporte de cargas não é grande. Os dados de preferência apropriados para o transporte de carga devem ser dos gestores de transporte ou alguém que tenha o conhecimento necessário sobre decisões de empresas logísticas (LARRANAGA *et al.*, 2017). Bliemer e Rose (2005, 2009, 2010) e Rose e Bliemer (2005, 2012) estudam o tamanho mínimo de amostra requerido para estudos de preferência declarada, recomendando que o mínimo de 30 entrevistados seja aprovado em qualquer estudo de escolha discreta. Com isso, o projeto de experimento pode ser estruturado usando um projeto eficiente, que visa reduzir o tamanho de amostra requerido para produzir um nível fixo de confiabilidade nos parâmetros estimados (ROSE e BLIEMER, 2013; CHOICE METRICS, 2013).

Ben-Akiva *et al.* (2013) explicam que as alternativas podem ser geradas através de um experimento fatorial, em que as possíveis alternativas são construídas ao combinar cada nível (ou atributo) com todos os outros níveis de todos os outros atributos. Normalmente, isso faz com que surjam um número substancial de cenários, dificultando a coleta de dados para análise de todos. Com isso, é sugerido que as alternativas consideradas dominadas,

dominantes e/ou condições fora da realidade sejam retiradas. Se ainda assim houver um número grande de alternativas para ser considerado pelos entrevistados, as alternativas podem ser apresentadas em subconjuntos (blocos).

Brito (2007) recomenda que o analista, sendo o controlador dos cenários hipotéticos, resista à tendência natural de abordar um grande número de variáveis e faça um experimento simples para o entrevistado, garantindo assim maior confiabilidade dos resultados. Deve-se evitar um número excessivo de atributos, pois a consequente fadiga durante a entrevista faz com que os respondentes simplifiquem suas respostas, focando em um maior número de atributos ou simplesmente respondendo aleatoriamente ou por regras lexicográficas (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

Widlet (1998) demonstra haver significativos ganhos na qualidade dos resultados quando as alternativas são acompanhadas de: uso de histórias descritivas explicando o contexto da situação, e quando há o uso de ilustrações. Além disso, ele recomenda a eliminação de entrevistas em que todas as opções se concentram em uma única resposta ou entrevistas em que apenas uma das respostas diferiu das demais.

É importante ressaltar que um mínimo de três e um máximo de seis atributos são desejáveis, para colocar o exercício de escolha em um contexto realista e evitar os esforços de fadiga (PERMAIN *et al.*, 1991; ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). Os efeitos de fadiga fazem com que os entrevistados simplifiquem suas escolhas, focando em um número menor de atributos ou simplesmente respondendo de modo aleatório (CARSON *et al.*, 1994; LARRANAGA *et al.*, 2017).

Souza (1999) observou que na situação de análise em se busca analisar apenas os fatores que exercem influência sobre uma determinada escolha, a maioria dos atributos a serem avaliados são de natureza qualitativa, difíceis de serem obtidos por meio de PR, sendo mais propícia a utilização da PD. Entretanto, muitos pesquisadores enfrentavam dois problemas principais na utilização de uma pesquisa de preferência declarada: a estruturação do experimento e a construção do conjunto de alternativas.

Dada a primeira dificuldade, Souza (1999) propôs um procedimento que ocorre através da estruturação do experimento em áreas de interesse em que, cada área se constitui numa pesquisa de preferência declarada, com a construção de uma função que permita relacionar as áreas entre si, gerando uma função utilidade que expresse o problema real.

Para o segundo problema, Souza (1999) propôs um procedimento que se refere ao processo de otimização na construção do conjunto de alternativas com a incorporação dos arranjos ortogonais de Taguchi (1988) em pesquisa de preferência declarada, além de

estruturar um esquema de utilização das técnicas de blocos incompletos balanceados compatíveis com a capacidade humana de interpretação e que garanta a ortogonalidade. Sendo este procedimento necessário para a utilização do *software* LMPC.

4.4 Considerações finais

Dessa forma, a partir da discussão realizada neste Capítulo 4, é possível modelar aspectos do comportamento de escolha dos tomadores de decisão relacionados à avaliação e comparação das características relativas disponíveis, ao transporte urbano de carga, que melhor atendam suas necessidades e expectativas. Assim, a próxima seção trata da metodologia proposta que visa atingir os objetivos desta pesquisa de mestrado.

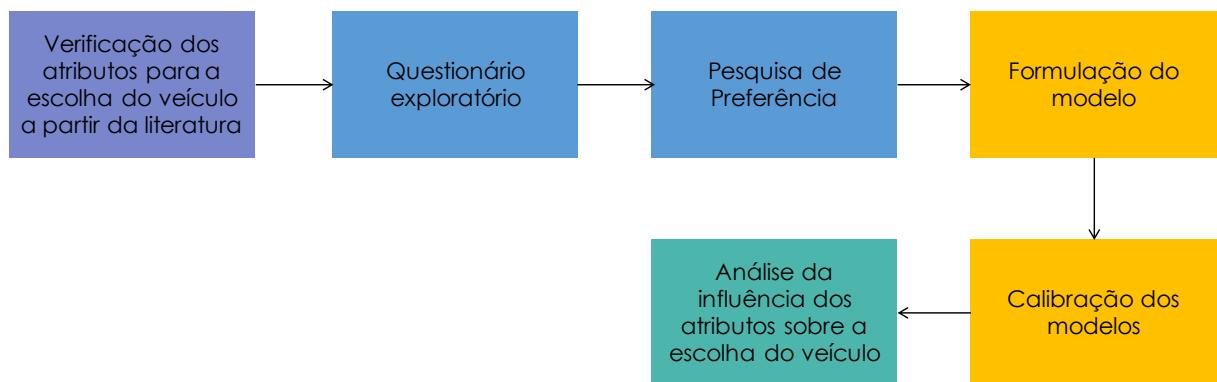
5 METODOLOGIA

Para se chegar ao procedimento proposto, a revisão da literatura constituiu-se em insumo teórico e conceitual fundamental para estruturar cada uma de suas etapas, bem como a análise setorial sobre o transporte urbano de cargas no Brasil.

O método a ser empregado neste trabalho está dividido em quatro etapas. A razão para este arranjo é garantir que todos os objetivos específicos propostos sejam alcançados, de modo que cada etapa está relacionada com um objetivo proposto. Assim, a estrutura do método proposto para se atingir os objetivos é:

- 1^a etapa: construção da base conceitual (em roxo);
- 2^a etapa: pesquisa exploratória (em azul);
- 3^a etapa: modelagem dos fatores que afetam a tomada de decisão relacionada ao veículo de carga urbana (em amarelo);
- 4^a etapa: análise da influência dos atributos sobre a escolha do veículo (em verde).

Figura 14 – Método proposto.



O método proposto consiste numa adaptação dos trabalhos de Carvalho (2014), Gonçalves (2013), Camargo (2000) e Souza (1999), que tem início com uma busca exaustiva da literatura; em seguida está uma pesquisa exploratória com gestores de empresas de transporte de mercadorias, que atuam na movimentação de cargas em áreas urbanas, o que possibilitará a formulação de pesquisa de preferência, permitindo assim compreender a maneira como as transportadoras exercem a escolha modal para este tipo de operação. Por sua vez, na terceira fase desta pesquisa de mestrado, consiste em propor modelos capazes de

englobar os fatores chaves relacionados ao processo de escolha veicular para o transporte urbano de carga. Ao final, a partir da modelagem, busca-se obter a análise da influência relativa dos atributos relevantes para a escolha dos veículos utilizados no transporte de cargas em áreas urbanas, em cada categoria.

5.1 Etapa 1 - Construção da base conceitual

Esta etapa visa construir a base conceitual necessária para o prosseguimento da pesquisa. A ideia consiste em ampla revisão teórica sobre trabalhos que se dedicaram à definição de fatores e atributos que influenciam na escolha do veículo comercial para transporte de carga, em especial destinado a veículo que operam no Transporte Urbano de Cargas. Em complementação, propõe-se selecionar empresas que atuam neste ramo do transporte de mercadorias no Brasil. Através desta etapa, pretende-se gerar um arcabouço das informações teóricas a respeito do tema do estudo e a identificação dos elementos-chave de empresas que atuam no setor, o que viabilizaria a aplicação da pesquisa.

5.1.1 Verificação dos atributos para a escolha do veículo a partir da literatura

A primeira etapa do método proposto consiste em identificar os principais atributos que influenciam a escolha do veículo urbano de carga. No Capítulo 3, foi realizada uma revisão bibliográfica, por meio da MSR (Metodologia de Revisão Sistemática), que identificou os critérios que interferem na escolha modal para o transporte de carga geral e, posteriormente, aqueles que se encaixam à realidade do transporte urbano. A MSR está detalhadamente apresentada no Apêndice A.

Para uma análise adequada destes atributos, uma vez que são muito diferentes entre si, é sugerido agrupá-los em categorias de acordo com sua natureza. Paralelamente, precisa-se conhecer as características do transporte urbano de cargas, que foram brevemente explanadas no Capítulo 2. Ao fazer um cruzamento dessas informações, pode-se avaliar os atributos, em cada categoria, que estão de acordo com a realidade urbana.

5.1.2 Identificação das empresas potenciais

O foco deste trabalho consiste em empresas que fazem movimentação de mercadorias em áreas urbanas e que possuíam mais de um tipo de veículo para tal operação.

Desta forma, os tomadores de decisão devem escolher o tipo de veículo que será utilizado na área urbana, dado o conjunto de atributos. Além disso, essas empresas precisam realizar um número diário mínimo de entregas ou coletas, de forma a impor ao tomador de decisão mais condições de contorno para sua escolha.

Para definição dessas empresas, deve-se buscar o contato com os sindicatos dos transportadores e motoristas. Tal contato permite identificar as empresas que se enquadram próximo ao perfil pré-estabelecido. A partir disso, deve-se identificar um canal de comunicação e o potencial interlocutor em cada empresa, para que a pesquisa possa ser viabilizada. Destaca-se que a participação na pesquisa depende de consentimento livre dos entrevistado, garantindo a não identificação do respondente e empresa.

Em complementação, pretende-se obter contato com outros pesquisadores brasileiros, que desenvolvem estudos voltados ao setor logístico, bases de dados contendo informações sobre empresas que atuam no TUC, que permita criar novas parcerias para o grupo de pesquisa no qual este projeto está inserido, bem como afinar parcerias já estabelecidas.

5.2 Etapa 2 - Pesquisa Exploratória

Esta etapa busca verificar a aderência dos atributos encontrados na literatura à realidade do estudo e obter os dados necessários para a modelagem. Para tal, a mesma está dividida em sub-etapas, conforme descrição trazida a seguir.

5.2.1 Questionário exploratório e análise da aderência dos atributos encontrados na literatura à realidade brasileira

Este questionário tem o objetivo de verificar a aderência dos atributos encontrados na literatura, com a realidade do estudo, de acordo com a visão dos gestores logísticos das empresas da base de contatos construída. A aplicação do questionário possibilita identificar a ordem de prioridade dos atributos de acordo com a categoria.

Com isso, pretende-se fazer uma análise dos resultados obtidos e verificar se os atributos encontrados na literatura estão de acordo com o fenômeno analisado. A partir dessa etapa, espera-se alcançar maior compreensão do comportamento da escolha do veículo comercial e estruturar a pesquisa de preferência declarada, selecionando os atributos que serão utilizados na mesma, uma vez que tal seleção deve assegurar respostas realistas por meio da

descrição de alternativas factíveis para os entrevistados (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

O protocolo do questionário foi adaptado de Allen *et al.* (2000), Camargo (2000), Lima (2001) e Carvalho (2014) e está estruturado em 4 blocos, conforme a seguir:

- a) bloco 1: caracterizar a empresa pesquisada;
- b) bloco 2: caracterizar o tomador de decisão;
- c) bloco 3: caracterizar a operação;
- d) bloco 4: verificar a aderência dos atributos à realidade de estudo.

Para o bloco 4, há duas etapas. Na primeira delas, os atributos são apresentados ao entrevistado e será requerido que ele dê uma nota de 1 a 7 (quanto maior, mais relevante é o indicador na escolha do veículo do transporte de carga). Deve-se ter atenção ao fato de entrevistados darem notas altas para todos os atributos — comum nos casos em que os mesmos não tem interesse em participar da pesquisa e desejam se “livrar da mesma”, ou não entendem a metodologia adotada para atribuição de respostas — e, se isso acontecer, não será possível fazer uso desta resposta na condução do trabalho. A fim de se proteger desse possível problema, decidiu-se realizar uma segunda etapa. Nesta etapa, os atributos serão apresentados em categorias, a partir da identificação da revisão da literatura. Para cada categoria, o entrevistado deverá ordenar os atributos de acordo com a ordem de importância (1 = mais importante, 2 = segundo mais importante, e assim por diante). Além disso, tal etapa permite verificar a credibilidade da coleta de dados, uma vez que será possível comparar a importância dos atributos nas duas etapas. Dessa forma, as características mais importantes poderão ser consideradas na pesquisa de preferência.

5.2.2 Pesquisa de Preferência Declarada

A pesquisa de preferência declarada foi escolhida pela possibilidade de menos entrevistas individuais gerarem resultados significativos, por esta estratégia permitir um maior controle pelo analista e devido a coleta de dados ter um custo menor. Assim, a PD conterá as seguintes etapas:

- **Definição do método das entrevistas**

Para operacionalização da coleta de dados (método das entrevistas) optou-se pela plataforma web *SurveyMonkey*, que permite o envio do questionário por e-mail para a lista de interesse, garante a construção de formulários com interface mais amistosa e interessante para

o respondente, além de possibilitar o armazenamento das respostas em um banco de dados restrito ao pesquisador.

- **Seleção da amostra**

Dada a dificuldade em medir o tamanho da população de interesse, considerou-se a mesma como sendo infinita e a amostragem será feita por conveniência, ou seja, os questionários serão enviados para todas as empresas potenciais em que se tem o contato (CARVALHO, 2014). Assim, a expectativa é que, pelo menos, seja alcançado o mínimo de 30 entrevistados. Para tal, após convite para participação da pesquisa, foi desenvolvida uma estratégia de contato com os respondentes, incluindo contato pessoal, telefônico, por e-mail e uso de redes sociais, de forma a estimulá-los a participar do estudo.

- **Forma e complexidade do experimento**

No contexto deste trabalho, apresentam-se os cenários com base nos principais atributos utilizados para a escolha modal em área urbana, conforme os resultados obtidos com a pesquisa exploratória.

O projeto de experimento está de acordo com o proposto por Ben-Akiva *et al.* (2013) e Souza (1999); isto é, um experimento fatorial em que as possíveis alternativas são construídas ao combinar cada nível (ou atributo) com todos os outros níveis de todos os outros atributos. Os níveis recebem um sistema de pontuação binário, em que o zero (0) será atribuído às situações desfavoráveis e o número um (1), às favoráveis.

Cada combinação possível de níveis e atributos que possam ser implantados, recebe o nome de alternativa. Ben-Akiva *et al.* (2013) sugerem que sejam excluídas as alternativas em condições fora da realidade e as alternativas dominantes e dominadas. No entanto, é conveniente que as alternativas excluídas façam parte do delineamento no processo de estimativa dos parâmetros e até podem servir de ferramenta para validar o questionário. No caso, espera-se que a dominada seja a última escolha, e a dominante, a primeira escolha. Se o entrevistado responder algo diferente disso, pode-se até mesmo excluir sua resposta, pois acredita-se que não tenha havido uma análise adequada dos cenários apresentados.

Como pretende-se alcançar as utilidades da escolha (conjunto de atributos) e encontrou-se o modelo e *software* LMPC como ferramenta adequada para este fim, a divisão do conjunto de alternativas é realizada em blocos incompletos balanceados (BIB), ou seja, conjunto de escolha com probabilidade condicional, que está de acordo com o sugerido por Souza (1999). Os BIB se caracterizam pelo fato de que neles, cada alternativa, aparece no

mesmo bloco, com cada uma das alternativas e sempre o mesmo número de vezes.

A disposição das combinações em cada cartão obedece ao critério proposto por Souza (1999) para um ensaio completo de: i) avaliação de alternativas com três atributos e dois níveis; ii) avaliação de alternativas com quatro atributos e dois níveis, conforme Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5 – Disposição das combinações nos cartões de pesquisa (3 atributos e 2 níveis)

Número do cartão	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
1	000	101	011	110
Número do cartão	Alternativa 5	Alternativa 6	Alternativa 7	Alternativa 8
2	100	010	001	111

Fonte: própria.

Tabela 6 – Disposição das combinações nos cartões de pesquisa (4 atributos e 2 níveis)

Número do cartão	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
1	0000	1110	1101	0011
Número do cartão	Alternativa 5	Alternativa 6	Alternativa 7	Alternativa 8
2	1100	0010	0001	1111
Número do cartão	Alternativa 9	Alternativa 10	Alternativa 11	Alternativa 12
3	1000	0110	0101	1011
Número do cartão	Alternativa 13	Alternativa 14	Alternativa 15	Alternativa 16
4	0100	1010	1001	0111

Fonte: própria.

• A medida de escolha

Para registrar as preferências dos entrevistados na técnica de PD, a forma escolhida é a ranking, em que várias opções serão apresentadas ao entrevistado e o mesmo deverá ordenar as alternativas de acordo com sua preferência, dentro de cada cartão (pergunta) apresentado.

• A análise dos dados

Para a análise dos dados, pretende-se utilizar os modelos de escolha discreta; uma vez que são as técnicas mais utilizadas para estimar modelos a partir de dados de Preferência Declarada. Mas, por ser uma etapa de grande importância para este estudo, ela será explicada

mais detalhadamente no tópico a seguir.

Uma consideração importante a se fazer é que em estudos que tratam da escolha modal propriamente dita, a utilidade está relacionada aos modos de transporte da análise. Mas para este estudo, que trata da avaliação dos fatores que influenciam a escolha modal, cada alternativa terá sua utilidade. Com isso, elas poderão ser comparadas entre si, resultando na análise de importância relativa dos atributos.

5.3 Etapa 3 - Modelagem dos atributos para escolha do veículo urbano de cargas

5.3.1 *Formulação do modelo*

Esta etapa do procedimento prevê a especificação funcional do modelo a ser ajustado. Para esta finalidade, entende-se que a revisão de literatura científica é o método de pesquisa recomendável. Há de se considerar também nesta definição, os objetivos da pesquisa e as características dos dados obtidos na pesquisa exploratória. Para as análises desejadas e necessárias a subsidiar esta pesquisa de mestrado, parte-se da premissa de que um ajuste de modelo de escolha discreta é adequado e suficiente.

A partir disso, será formulado o modelo de compreensão dos fatores que interferem na escolha do veículo para o transporte de cargas urbanas a partir dos atributos relevantes encontrados, com base nos preceitos de escolha discreta. As medidas representativas dos atributos estimados na etapa 2 devem compor a base de dados necessária para o cálculo dos coeficientes da função utilidade do modelo.

O modelo será composto por uma função utilidade, em que as variáveis explicativas são os atributos considerados relevantes para a escolha veicular para o transporte urbano de carga. Cada variável explicativa terá um coeficiente, os quais terão de ser calibrados.

5.3.2 *Calibração dos modelos*

De acordo com a técnica de modelagem escolhida, encontrou-se o *software* adequado à estimativa dos coeficientes da função utilidade que será incorporada ao modelo de escolha discreta que visa compreender a importância dos atributos. O *software* de licença livre LMPC (Souza, 1999) foi o escolhido para a realização deste trabalho, o qual foi obtido diretamente com o seu desenvolvedor. O *software* LMPC se apresenta como uma boa ferramenta devido à sua interface amigável, gratuidade e fácil usabilidade.

Dispondo de uma amostra para a calibração, o próximo passo do método corresponde à estimativa dos coeficientes dos parâmetros. Os coeficientes da função utilidade serão calibrados pelo método da maximização de uma função verossimilhança, sendo este o procedimento mais usual e direto para se encontrar os valores dos parâmetros (BEN-AKIVA *et al.*, 2013). A avaliação da consistência dos parâmetros escolhidos para o ajuste de modelos de preferência declarada através de modelos *logit* deve passar pelas seguintes verificações (SOUZA, 1999):

- a) Significância estatística das variáveis (teste T-*Student*), que é utilizada para verificar se o termo em questão contribui de forma significativa, na elevação do poder de explicação do modelo. Para que o termo seja considerado significativo a um nível de confiança de 95%, o valor da estatística “t” deve ser, em módulo, igual ou superior a 1,96 (MONTGOMERY e RUNGER, 2011).
- b) Teste da razão de verossimilhança: $LR = -2\{L(0) - (\beta^*)\}$. De modo sucinto, o estimador da máxima verossimilhança é o valor dos parâmetros para os quais a amostra observada é a mais provável de ter ocorrido. Testa-se a nulidade de todos os parâmetros simultaneamente. Se for o valor LR for maior que $\chi^2(\alpha, r)$, então rejeita-se a nulidade de todos os parâmetros simultaneamente (BEN-AKIVA *et al.*, 2013).
- c) Aderência do modelo aos dados (índice ρ^2 , que é análogo ao coeficiente de determinação R^2 , utilizado na análise de regressões lineares). De acordo com Ortúzar e Willumsen (2011), valores de ρ^2 entre 0,2 e 0,4 podem ser considerados bons ajustes para o método de preferência declarada;
- d) Análise dos sinais dos coeficientes obtidos nas funções estimadas: uma vez obtida a função utilidade, deve-se verificar se os sinais dos coeficientes estimados para cada um dos atributos foram condizentes com o esperado, ou seja: i) atributos diretamente proporcionais à utilidade devem sinal positivo; ii) Atributos inversamente proporcionais à utilidade devem ter sinal negativo.

Desse modo, será avaliado o teste-t e a análise dos sinais de cada atributo do modelo calibrado, bem como o ρ^2 e o LR do modelo. Tendo todos os atributos sido considerados como significativos (Teste t) e a análise dos sinais estiver coerente, analisa-se o modelo por meio dos valores de ρ^2 e LR. Se estiverem adequados, será possível prosseguir para a etapa de análise da influência dos atributos.

5.4 Etapa 4 – Análise da influência dos atributos sobre a escolha do veículo urbano de carga

De posse dessas informações obtidas na calibração, será possível analisar a influência de cada um dos atributos sobre a escolha do veículo urbano de carga, dentro de cada uma das categorias, e compreender como se comporta a escolha modal para o transporte urbano de cargas no Brasil.

Inicialmente, realizar-se-á uma análise comparativa dos coeficientes através da Função Utilidade Máxima, que permite identificar os atributos mais relevantes para os entrevistados em relação à utilidade total as alternativas pesquisadas. O valor máximo da função utilidade corresponde à soma dos valores encontrados para os coeficientes considerando o cenário que representa a situação mais favorável (isto é, quando todos os atributos estão no nível 1). Assim, obter-se-á a importância relativa de cada atributo para a utilidade dentro da categoria analisada.

Em seguida, será obtida a utilidade de cada uma das alternativas compostas pela combinação dos atributos analisados. Deste modo, os *trade-offs* envolvidos serão mais facilmente visualizados, possibilitando a análise das preferências dos gestores logísticos e o que eles estão dispostos a “perder” ou “aceitar” em troca de determinado atributo em melhor nível.

6 DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA PESQUISA

Este capítulo tem o objetivo de aplicar a metodologia proposta, apresentar e discutir os dados levantados durante a aplicação da pesquisa com as empresas participantes. As informações das transportadoras serão apresentadas de forma agregada por conta das políticas de sigilo e confidencialidade das empresas envolvidas.

6.1 Verificação dos atributos para escolha do veículo a partir da literatura

Ao final do Capítulo 3, foi realizada uma discussão sobre os atributos que se encaixam à realidade do transporte urbano de carga. O produto desta análise servirá de base para as próximas etapas desta pesquisa de mestrado. Cada categoria será analisada individualmente a fim de selecionar os atributos que serão incorporados no questionário exploratório. Alguns dos atributos serão excluídos das etapas posteriores de modo a evitar que o questionário fique muito extenso, prejudicando a taxa de respostas. Assim, apenas os atributos com maior incidência e condizentes com o fenômeno de estudo serão considerados.

Na categoria mercadoria (Figura 9), os atributos que a serem incorporados no questionário exploratório são: tipo de carga, peso da carga, tipos de carga, volume da carga e características da carga. O “tamanho do lote” foi excluído por ser uma característica de difícil comparação entre os diferentes segmentos de produtos transportados.

Dentre os atributos abordados na categoria veículo (Figura 10), dois deles não poderão ser considerados para a realidade do fenômeno estudado:

- a) Se a frota é própria ou terceirizada: como o escopo do trabalho se restringe a empresas que realizam o transporte, espera-se que sua frota seja própria;
- b) Modo de transporte: apenas o modo rodoviário será considerado, pois o mesmo possui a supremacia no transporte urbano de cargas no contexto brasileiro.

Os demais atributos constarão no questionário exploratório: capacidade do veículo, tamanho da frota, condições do veículo e idade do veículo.

Na categoria empresa (Figura 11), serão incorporados no questionário os seguintes atributos: infraestrutura disponível, atividade econômica, número de empregados e tamanho da transportadora. Por se tratarem de atributos muito pessoais ou até mesmo sigilosos, os atributos “vendas/ano” e “experiências anteriores” não serão considerados, pois as perguntas referentes a estes fatores poderiam inibir o entrevistado e, possivelmente, reduzir a taxa de respostas.

Em relação à categoria custos (Figura 12), conclui-se que o custo total está muito

relacionado com o tipo de veículo ou tamanho do veículo utilizado. Assim, espera-se incorporar esse atributo ao analisar a capacidade veicular. Em relação ao preço do combustível, ele comporá a categoria “veículo” na análise de qual combustível utilizado por determinado veículo.

Na categoria viagem (Figura 13), todos serão incorporados no questionário exploratório por se tratarem de características fundamentais que caracterizam o transporte urbano de carga.

6.2 Determinação das empresas

Buscou-se contato com os sindicatos dos transportadores e dos motoristas a fim de conhecer as transportadoras que pertencem ao perfil procurado; isto é, empresas que possuem mais de um tipo de veículo utilizado em sua operação. Com isso, obteve-se o contato do Sindicato dos Transportadores do Ceará (SETCARCE) e do Sindicato dos Trabalhadores em Empresas de Transportes de Mudanças, Bens e Cargas do Estado do Ceará (SINDICAM-CE). Além disso, realizou-se uma parceria com o Programa de Pós-Graduação em Ciências da Universidade de São Paulo que possui contatos pertencentes a um banco de dados atualizado do Projeto FAPESP 19271-9 e de entidades representativas dos setores envolvidos, a Associação Brasileira dos Operadores Logísticos (ABOL) e o Sindicato dos Transportadores de Carga de São Paulo (SETCESP).

Foram obtidos 2.437 contatos de *e-mails* de empresas de transporte de carga de todo o Brasil. Assim, foram enviados *e-mails* para todos estes contatos, sendo que cerca de 30% deles estavam desativados. Não foi possível obter diretamente os contatos dos gestores logísticos. Dessa forma, foi necessário contar com a colaboração do destinatário para que o mesmo encaminhasse o *e-mail* ao responsável pela tomada de decisão, resultando em uma dificuldade notável neste processo. Os contatos obtidos foram de transportadoras que realizam transporte de carga, mas não necessariamente transporte urbano. Para garantir que sejam consideradas as respostas apenas de empresas que atuam no transporte urbano de cargas, o questionário deve ser projetado com estes critérios de contorno, como será apresentado a seguir.

6.3 Questionário exploratório

Como citado na metodologia, o questionário tem o objetivo de verificar a

aderência dos atributos encontrados na literatura em relação à realidade do estudo, de acordo com a visão dos gestores logísticos das empresas e identificar a ordem de prioridade de acordo com sua categoria. As categorias dos atributos identificados na escolha do veículo de transporte urbano de cargas foram: mercadoria, veículo, empresa, custos e viagem. Com isso, as questões do questionário devem estar relacionadas a essas categorias, abrangendo os atributos identificados na literatura. Desse modo, conforme Apêndice A, o questionário possui perguntas que caracterizam os:

- a) Atributos da empresa: regiões do Brasil em que a empresa opera, cidade em que a matriz está localizada, estados em que há operação, quantidade de funcionários, o cargo do entrevistado, se a empresa realiza um número mínimo diário de entregas em áreas urbanas, se a empresa possui mais de um tipo de veículo, e quais seus setores de atuação. Assim as respostas de empresas que não possuem operação em área urbana, devem ser desconsideradas;
- b) Atributos da mercadoria: tipo de mercadoria transportada, variedade de tipos de mercadoria, peso da mercadoria, volume da mercadoria;
- c) Atributos de custo: como os custos do transporte urbano de cargas estão intrinsecamente ligados ao veículo, decidiu-se incluí-los na categoria 'atributos do veículo';
- d) Atributos do veículo: tipo de combustível (diesel, gás), exigência quanto ao tamanho do veículo utilizado, idade do veículo, custo de operação (R\$/tonelada), capacidade do veículo (peso);
- e) Atributos da viagem: diversidade de áreas visitadas numa viagem (zona central da cidade, zona mais periférica), distância percorrida em uma viagem, existência de local adequado para carga e descarga, número de entregas/coletas realizadas numa viagem, existência de zonas de proibição à circulação de veículos de carga, condições de acesso para entrega (largura, tipo de pavimento, alto fluxo de veículos, etc.).

O questionário exploratório foi projetado na plataforma *SurveyMonkey* e enviado por *e-mail* para as empresas potenciais, seguindo as duas etapas de identificação dos atributos, conforme proposto na metodologia:

- a) Foi pedido que os gestores logísticos dessem notas de 1 a 7 (quanto maior, mais importante é o atributo para a escolha do veículo) para as três categorias: viagem, mercadoria e veículo; e,

- b) Foi requisitado que o tomador de decisão ordenasse de acordo com a importância percebida (1 = o mais importante, 2 = o segundo mais importante, etc.) os atributos dentro de cada categoria.

Foram obtidas 30 respostas. Os atributos da empresa não receberam nota ou ordenação, uma vez que seus aspectos não permitem esse tipo de avaliação por serem características do tomador de decisão. Destaca-se que foi garantido o sigilo quanto ao respondente, bem como não houve identificação do nome da empresa e as respostas ocorreram sob livre consentimento.

6.4 Análise da aderência dos atributos encontrados na literatura à realidade brasileira

Com o propósito de analisar a relevância dos atributos de escolha do veículo comercial, são apresentadas análises estatísticas descritivas a partir dos dados, ou seja, dos atributos percebidos pelos gestores responsáveis pela tomada de decisão de qual veículo utilizar para realizar o transporte de cargas em áreas urbanas. A Tabela 7 corresponde às medidas descritivas para os atributos, suas medidas de posição, a mediana (Md), o primeiro quartil (Q1), o terceiro quartil (Q3), a nota mínima (Mín) e máxima (Máx) recebidas em cada um dos atributos. Os resultados correspondentes aos 30 questionários válidos coletados nesta etapa.

Tabela 7 - Medidas descritivas dos atributos de escolha veicular sob a ótica do transportador na técnica *rating*.

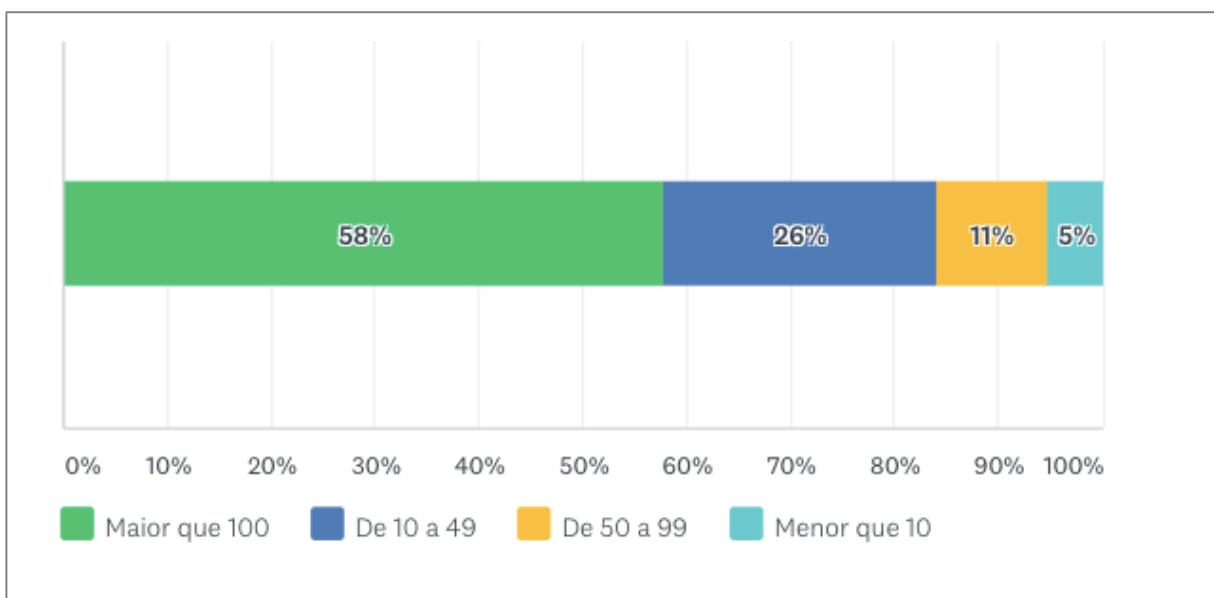
Atributos	Mín	Q1	Md	Q3	Máx
Distância total percorrida	1	5	6,5	7	7
Número de paradas	1	3	7,0	7	7
Quantidade de tipos de áreas visitadas	4	5	7,0	7	7
Existência de local adequado para carga/descarga	2	6	7,0	7	7
Existência de zonas de restrição à circulação de veículos de carga	2	7	7,0	7	7
Condições da via de acesso	2	6	7,0	7	7
Tipo de mercadoria	1	4	6,5	7	7
Variedade de tipos de mercadoria	3	5	7,0	7	7

Volume de mercadoria	5	6	7,0	7	7
Exigência quanto ao tamanho do veículo	2	4	6,5	7	7
Tipo de combustível	2	2	3,5	6	7
Idade do veículo	1	4	5,5	7	7
Atributos	Mín	Q1	Md	Q3	Máx
Custo de operação do veículo (R\$/ton)	2	6	7,0	7	7
Capacidade do veículo	3	6	7,0	7	7

Fonte: própria.

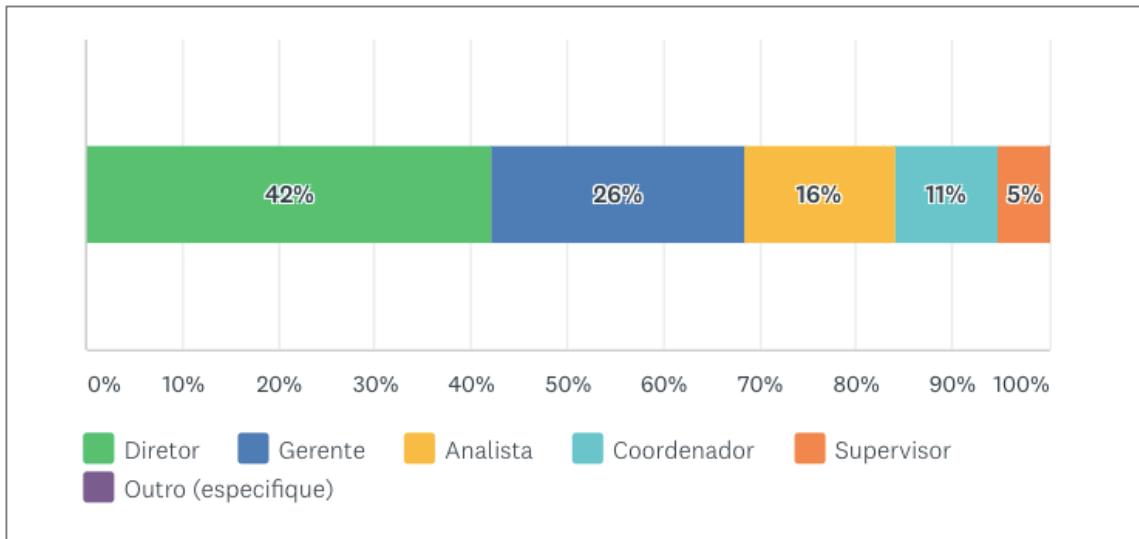
A amostra foi composta por gestores logísticos de grandes empresas (Figura 15) que ocupam, na sua maioria, posições de alta gerência (Figura 16). As empresas estudadas operam em diversos setores de atuação (alimentos, bebidas, higiene pessoal, material escolar e de escritório, acessórios para casa, automotivo, dentre outros), tendo como maior representatividade o setor de produtos alimentícios (44%) e higiene pessoal (44%). A amostra desses setores revela uma boa variabilidade dos dados, pois estão bem distribuídos entre 17 e 44%. O somatório não é 100%, uma vez que a maioria das empresas atua em mais de um setor, conforme Figura 17.

Figura 15 - Número de funcionários



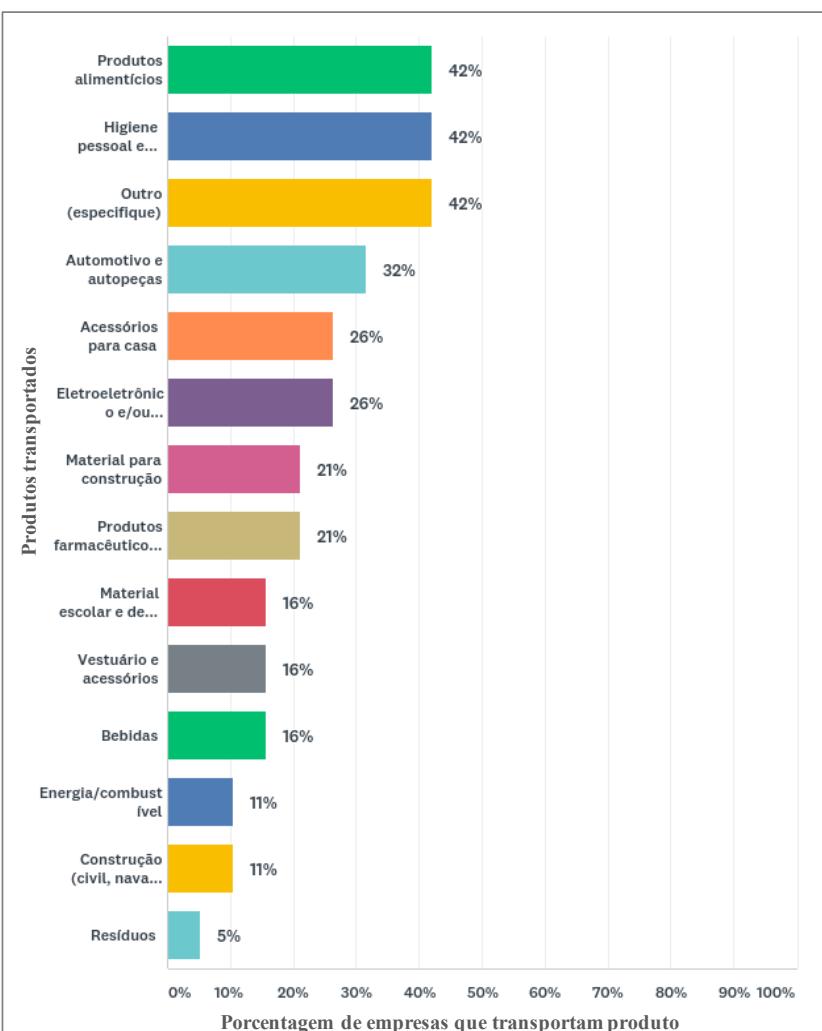
Fonte: própria.

Figura 16 - Cargo dos entrevistados



Fonte: própria.

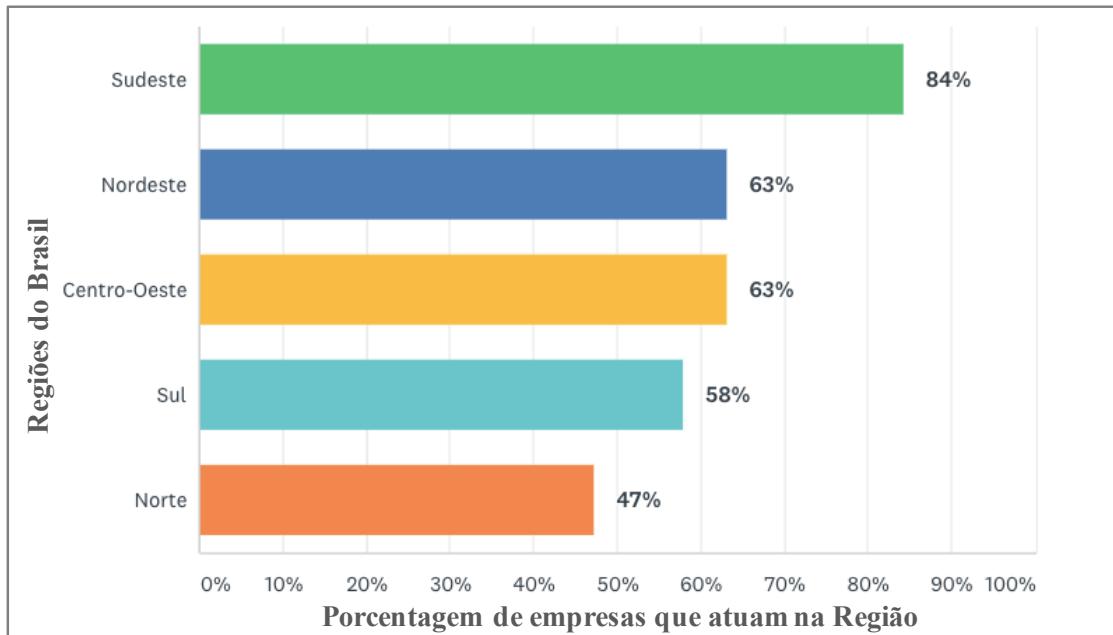
Figura 17 - Tipos de produtos transportados



Fonte: própria.

Verifica-se que há uma boa representatividade em relação às regiões de atuação no Brasil, pois a amostra contempla empresas que atuam em todas as regiões do país, sendo a região Sudeste (84%), Nordeste e Centro-Oeste com 63% cada, Sul (58%) e Norte (47%), conforme Figura 18. O somatório não é 100% porque uma mesma empresa pode atuar em várias regiões.

Figura 18 - Regiões de atuação das empresas entrevistadas

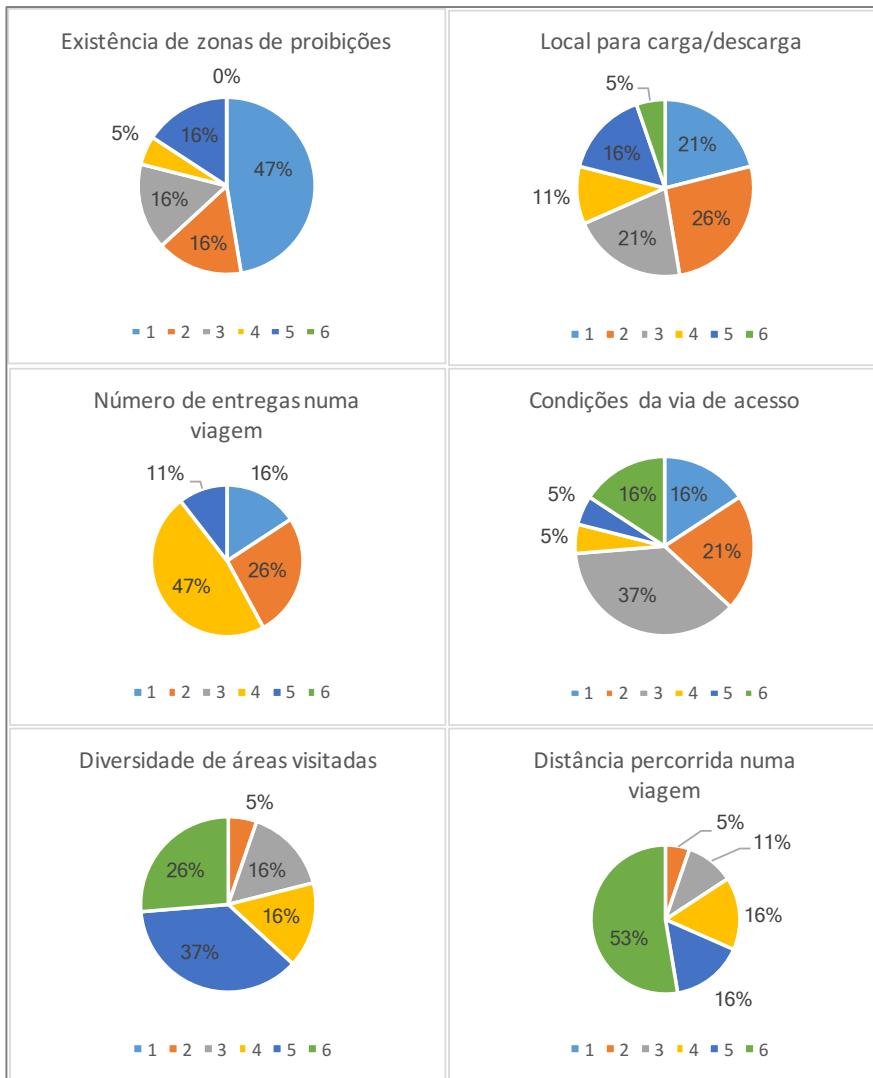


Fonte: própria.

Para uma análise estatisticamente mais comumente utilizada, os dados das Figuras 18, 19 e 20 foram transformados em estatística descritiva. Esta transformação foi realizada da seguinte forma: para cada resposta, o atributo que foi escolhido como mais importante recebeu a maior nota (x), o atributo escolhido como segundo mais importante recebeu a maior nota menos uma unidade (x-1) e assim sucessivamente. Na categoria viagem, foram 6 atributos ordenados pelos gestores. Então, o atributo escolhido como mais importante ficou com nota 6, o segundo mais importante com nota 5 e assim sucessivamente. Na categoria mercadoria, foram 4 atributos ordenados pelos gestores. Então, o atributo escolhido como mais importante ficou com nota 4, o segundo mais importante com nota 3 e assim sucessivamente. Na categoria veículo, foram 5 atributos ordenados pelos gestores. Então, o atributo escolhido como mais importante ficou com nota 5, o segundo mais importante com nota 4 e assim sucessivamente. É importante lembrar disso ao comparar com a estratégia *rating*, uma vez que no *rating*, todos os atributos têm como nota máxima 7.

Em relação aos atributos da viagem em si (Figura 19), observa-se que a maioria deles são considerados muito importantes, com uma leve prioridade para 'existência de zonas de proibição' com mediana de 6,5 (*rating*) e mediana de 5,0 (*ranking*). Sua importância é comprovada, pois apenas este atributo possui nota 6 no terceiro quartil (*ranking*). Em segundo lugar, está o fator 'existência de local adequado para carga/descarga' com mediana 4,0 (*ranking*). Desse modo, a partir dos dados, observa-se que estes dois fatores são os mais considerados nesta categoria. É importante observar que 'distância percorrida em uma viagem' não foi considerada como um dos atributos principais, diferentemente do que foi muito observado na literatura. Possivelmente pelo fato desse atributo ser mais impactante em viagens regionais, o que não faz parte do escopo deste trabalho.

Figura 19 - Atributos da categoria viagem



Fonte: própria.

Tabela 8 - Medidas descritivas dos atributos da categoria viagem sob a ótica do transportador

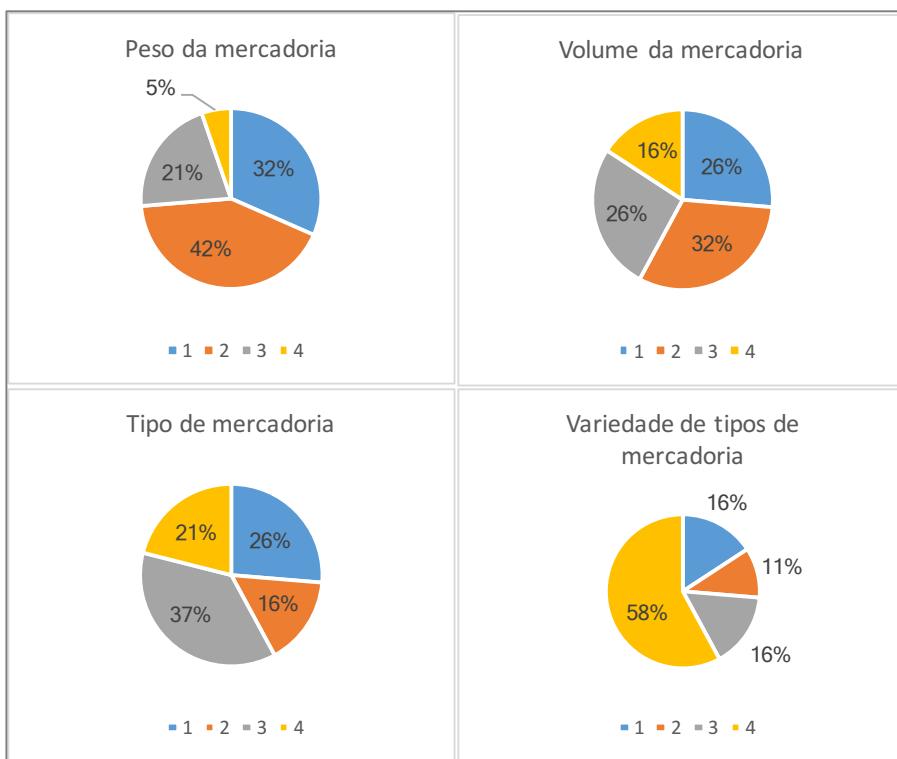
na técnica *ranking*

Atributos	Mín	Q1	Md	Q3	Máx
Existência de zonas de restrição	2	4	5	6	6
Local para carga e descarga	1	3	4	5	6
Número de entregas numa viagem	2	3	3	5	6
Condições da via de acesso	1	3	4	5	6
Diversidade de áreas visitadas	1	1	2	3	5
Distância percorrida em uma viagem	1	1	1	3	5

Fonte: própria.

Em relação aos atributos da mercadoria (Figura 20), observa-se que volume da mercadoria tem como mediana 7,0 (*rating*) e possui a maior nota, 6,0, no primeiro quartil (*rating*). Na ordenação, esta variável ficou em segundo lugar, pois, ao comparar com o atributo peso da mercadoria, possui menor nota no terceiro quartil (*ranking*). Com isso, observa-se coerência e conclui-se que peso e volume da carga são os atributos mais considerados na escolha do veículo nesta categoria.

Figura 20 - Atributos da categoria mercadoria



Fonte: própria.

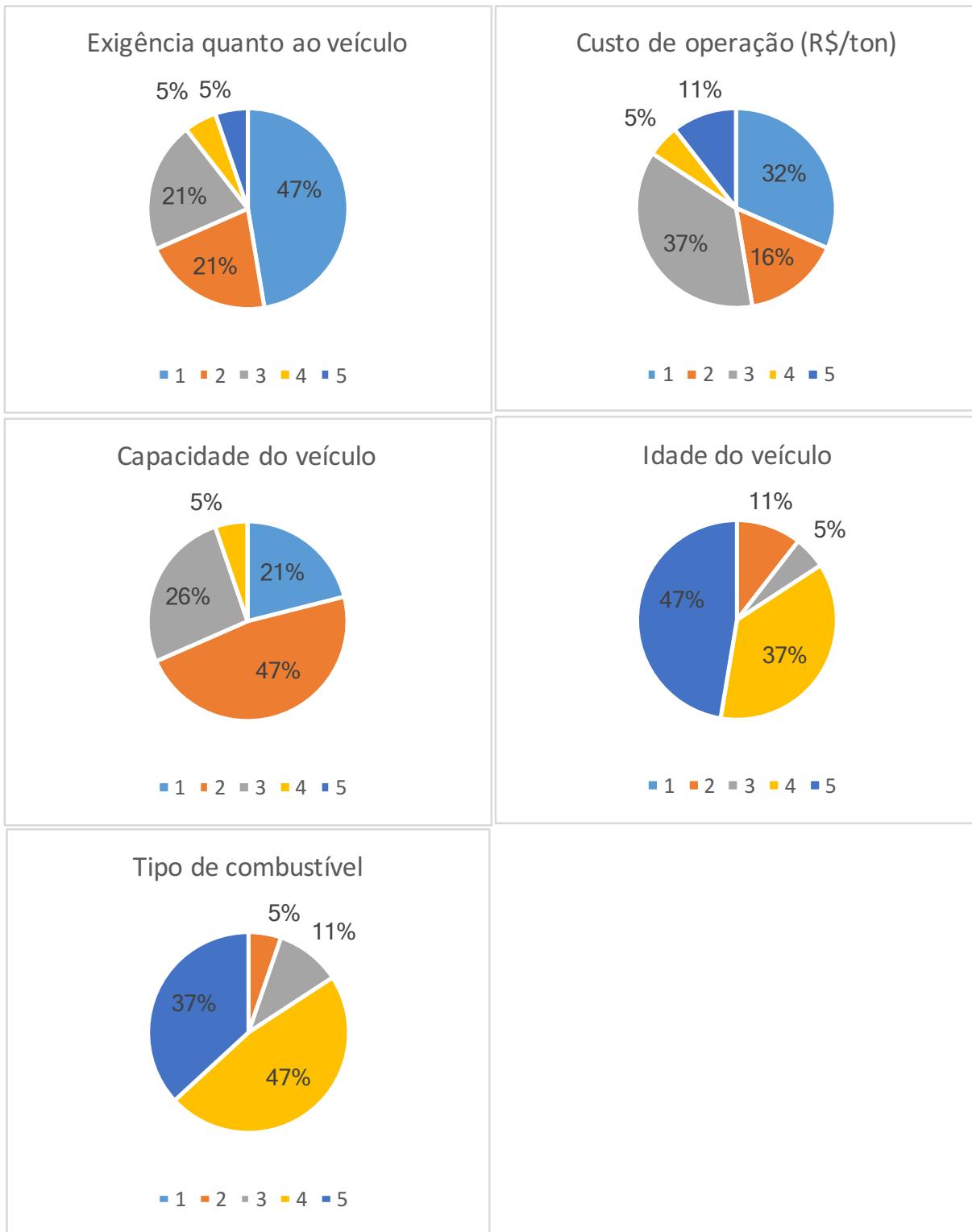
Tabela 9 - Medidas descritivas dos atributos da categoria mercadoria sob a ótica do transportador na técnica *ranking*

Atributos	Mín	Q1	Md	Q3	Máx
Peso da mercadoria	1	2	3	4	4
Volume da mercadoria	1	2	3	3	4
Tipo de mercadoria	1	2	2	3	4
Variedade de tipos de mercadoria	1	1	1	2	4

Fonte: própria.

Com relação aos atributos do veículo (Figura 21), observa-se que a capacidade do veículo recebeu a maior mediana (7,0) no *rating*. Na ordenação, este atributo ficou em terceiro lugar, ficando atrás do fator que trata da ‘exigência quanto ao veículo utilizado na entrega’ e do custo de operação. O item de custo operacional também teve a mediana elevada (7,0) no *rating*. Portanto, observa-se coerência entre as respostas e constata-se a importância desses três fatores.

Figura 21 - Atributos da categoria veículo



Fonte: própria.

Tabela 10 - Medidas descritivas dos atributos da categoria veículo sob a ótica do transportador na técnica *ranking*

Atributos	Mín	Q1	Md	Q3	Máx
Exigência quanto veículo	1	3	4	5	5
Custo de operação	1	3	3	5	5
Capacidade do veículo	2	3	4	4	5
Idade do veículo	1	1	2	2	4
Tipo de combustível	1	1	2	2	4

Fonte: própria.

Esta discussão possibilitou confirmar a importância dos atributos encontrados na literatura para os gestores/planejadores logísticos das empresas estudadas. Esta análise promove uma maior segurança da relevância dos atributos a serem incorporados nesta pesquisa de mestrado. Assim, pode-se prosseguir para a PD.

6.5 Pesquisa de Preferência Declarada

A partir da análise da aderência dos atributos encontrados na literatura à realidade do estudo, projeta-se uma pesquisa de preferência declarada, conforme abordado a seguir.

6.5.1 Projeto de experimento da PD

Conforme sugerido na literatura, é preferível trabalhar com 3 a 6 atributos. Desse modo, optou-se em selecionar os quatro primeiros atributos classificados por ordem de importância, por estar na faixa indicada de atributos analisados, conforme revisão da literatura, e ser uma quantidade adequada de variáveis para projetar o experimento da PD. Na pesquisa de preferência declarada, serão mantidos os atributos de acordo com sua categoria.

Os quatro atributos mais importantes da categoria viagem, de acordo com a análise realizada, foram: existência de zonas de proibições, local para carga/descarga, número de entregas por viagem e condições de acesso à área de entrega.

Para a PD, optou-se em mudar um pouco a abordagem do terceiro atributo. Isto é, haverá uma pergunta para cada tomador de decisão sobre a média de entregas realizadas em uma viagem, por ser um fator cujo valor que deve variar bastante de acordo com o segmento do produto transportado.

Assim, o atributo que será incorporado no experimento é o “cumprimento do número de entregas planejadas”, pois está bastante relacionado ao atributo “número de entregas na viagem” que foi identificado como importante no questionário exploratório, mas é capaz de englobar as diferentes realidades das transportadoras. Estes atributos da viagem estão apresentados na Tabela 11.

Os atributos mais relevantes da categoria mercadoria estão relacionadas diretamente com o setor de atuação e a operação da transportadora, isto é, são características intrínsecas dela. Com isso, não seria coerente fazer cenários desta categoria para que o entrevistado escolhesse.

Os atributos mais importantes da categoria veículo são apresentadas na Tabela 12. Foram apenas 3 atributos, pois entende-se que o custo operacional está intrinsecamente ligado ao tamanho do veículo.

Os níveis podem ser discretos ou contínuos. Embora possa parecer que quanto mais atributos e níveis, maior a sensibilidade do experimento, o excesso torna complexa, ou até mesmo inviabiliza, a tarefa dos entrevistados. Desta forma, para definição dos níveis de cada atributo, foi utilizado os seguintes critérios:

- Para o atributo “zonas de restrição para veículos de carga” só existem duas possibilidades (ou níveis): ou possui zonas com restrição para veículos de carga ou não possui. O mesmo ocorre para os atributos “local para carga e descarga” e “cumprimento do número de entregas planejadas”.
- Para o atributo de acesso à área central, decidiu-se trabalhar com uma situação ideal em que houvesse baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento, e uma situação totalmente oposta. Com isso, também foram definidos dois níveis.

Tabela 11 - Atributos da viagem selecionados e respectivos níveis

Atributo	Nível	Descrição
Zonas de restrição para veículos de carga	0	Com zonas de restrição para veículos de carga
	1	Sem zonas de restrição para veículos de carga
Local para carga e descarga	0	Não existe regulamentação para local de carga e descarga
	1	Existe regulamentação e áreas disponíveis para carga e descarga
Cumprimento do número de entregas planejadas (rota)	0	Não consegue cumprir a programação
	1	Consegue cumprir a programação
Condições de acesso à área central	0	Alto fluxo de veículos, faixas estreitas com buracos
	1	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento

Fonte: própria.

- a) Para o atributo “exigência do tipo de veículo a ser utilizado” só existem duas possibilidades (ou níveis): ou a empresa atende à solicitação do cliente ou não atende.
- b) Para o atributo “idade do veículo”, deseja-se representar uma realidade de veículo velho e novo. Como a frota de transportadoras brasileiras tem a média de 8,3 anos (FETROPAR, 2013), acredita-se que a idade de 10 anos seja suficientemente adequada para representar essa realidade desejada.
- c) Para o atributo “tamanho do veículo”, adotou-se dois níveis: i) VUC (caminhão leve) ou menor, por serem os veículos capazes de circular em zonas de restrição para veículos pesados; ii) VUC ou maior, por serem proibidos de circular em zonas urbanas.

Tabela 12 - Atributos do veículo selecionados e respectivos níveis

Atributo	Nível	Descrição
Exigência do tipo de veículo a ser utilizado	0	Não utilizar o tipo de veículo escolhido pelo cliente
	1	Utilizar o tipo de veículo escolhido pelo cliente
Idade do veículo	0	Veículo com mais de 10 anos
	1	Veículo com menos de 10 anos
Tamanho do veículo	0	Maior do que um VUC
	1	VUC ou menor

Fonte: própria.

Com base nos atributos e respectivos níveis, anteriormente citados, iniciou-se a montagem das alternativas para a pesquisa de preferência declarada. A combinação resultante da categoria viagem pode se expressa por $2^4 = 16$ e a categoria veículo pode ser expressa por $2^3 = 8$, onde o expoente representa o número de atributos com 2 níveis. Nas Tabelas 13 e 14 estão discriminadas as alternativas resultantes (Fatorial Completo) de cada uma das categorias de atributos.

Tabela 13 - Total de alternativas possíveis (fatorial completo) da categoria viagem

Cenários	Zonas de restrição para veículos de carga	Local para carga e descarga	Cumprimento do número de entregas planejadas	Condições de acesso à área central
1	Não existe zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Não consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
2	Não existe zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Não consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
3	Não existe zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento

Cenários	Zonas de restrição para veículos de carga	Local para carga e descarga	Cumprimento do número de entregas planejadas	Condições de acesso à área central
4	Não existe zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
5	Existe zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Não consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
6	Existe zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Não consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
7	Existe zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
8	Existe zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
9	Não existe zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Não consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
10	Não existe zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Não consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
11	Não existe zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento

Cenários	Zonas de restrição para veículos de carga	Local para carga e descarga	Cumprimento do número de entregas planejadas	Condições de acesso à área central
12	Não existe zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
13	Existe zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Não consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
14	Existe zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Não consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
15	Existe zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
16	Existe zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas

Fonte: própria.

Tabela 14 - Total de alternativas possíveis (fatorial completo) da categoria veículo

Cenários	Exigência do tipo de veículo a ser utilizado	Idade do veículo	Tamanho do veículo
1	Cliente exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com mais de 5 anos	Maior do que um VUC
2	Cliente exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com mais de 5 anos	VUC ou menor
3	Cliente exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículos com menos de 5 anos	Maior do que um VUC
4	Cliente exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículos com menos de 5 anos	VUC ou menor
5	Cliente não exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com mais de 5 anos	Maior do que um VUC
6	Cliente não exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com mais de 5 anos	VUC ou menor
7	Cliente não exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículos com menos de 5 anos	Maior do que um VUC
8	Cliente não exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículos com menos de 5 anos	VUC ou menor

Fonte: própria.

As informações coletadas na pesquisa serão lançadas no *software* LMPC, que possibilita a análise e interpretação posteriores dos resultados. Para isso, é necessário projetar o experimento da PD. As alternativas foram divididas em 4 blocos/cartões na categoria viagem (Tabela 15) e em 2 blocos/cartões na categoria veículo (Tabela 16). A montagem dos blocos foi feita de acordo com o sugerido por Souza (1999), de modo a deixá-los balanceados, utilizando todos os atributos com seus respectivos níveis.

Tabela 15 - Montagem do projeto de experimento da categoria viagem

Cartão	Alternativa	Atributo A	Atributo B	Atributo C	Atributo D
1	1	Existem zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Não consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
1	2	Não existem zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
1	3	Não existem zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Não consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
1	4	Existem zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
2	1	Não existem zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Não consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
2	2	Existem zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
2	3	Existem zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Não consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento

Cartão	Alternativa	Atributo A	Atributo B	Atributo C	Atributo D
2	4	Não existem zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
3	1	Não existem zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Não consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
3	2	Existem zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
3	3	Existem zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Não consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
3	4	Não existem zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
4	1	Existem zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Não consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas

4	2	Não existem zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Consegue cumprir a rota programada	Alto fluxo de veículos, buracos na via com faixas estreitas
4	3	Não existem zonas de restrição para veículos de carga	Não existe regulamentação	Não consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento
4	4	Existem zonas de restrição para veículos de carga	Existe regulamentação e áreas disponíveis para a operação	Consegue cumprir a rota programada	Baixo fluxo de veículos e boa condição do pavimento

Fonte: própria.

Tabela 16 - Montagem do projeto de experimento da categoria veículo

Cartão	Alternativa	Atributo A	Atributo B	Atributo C
1	1	Cliente exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com mais de 5 anos	Maior do que um VUC
1	2	Cliente não exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com mais de 5 anos	VUC ou menor
1	3	Cliente exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com menos de 5 anos	VUC ou menor
1	4	Cliente não exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com menos de 5 anos	Maior do que um VUC
2	1	Cliente não exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com mais de 5 anos	Maior do que um VUC
2	2	Cliente exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com menos de 5 anos	Maior do que um VUC
2	3	Cliente exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com mais de 5 anos	VUC ou menor
2	4	Cliente não exige o veículo utilizado para atendê-lo	Veículo com menos de 5 anos	VUC ou menor

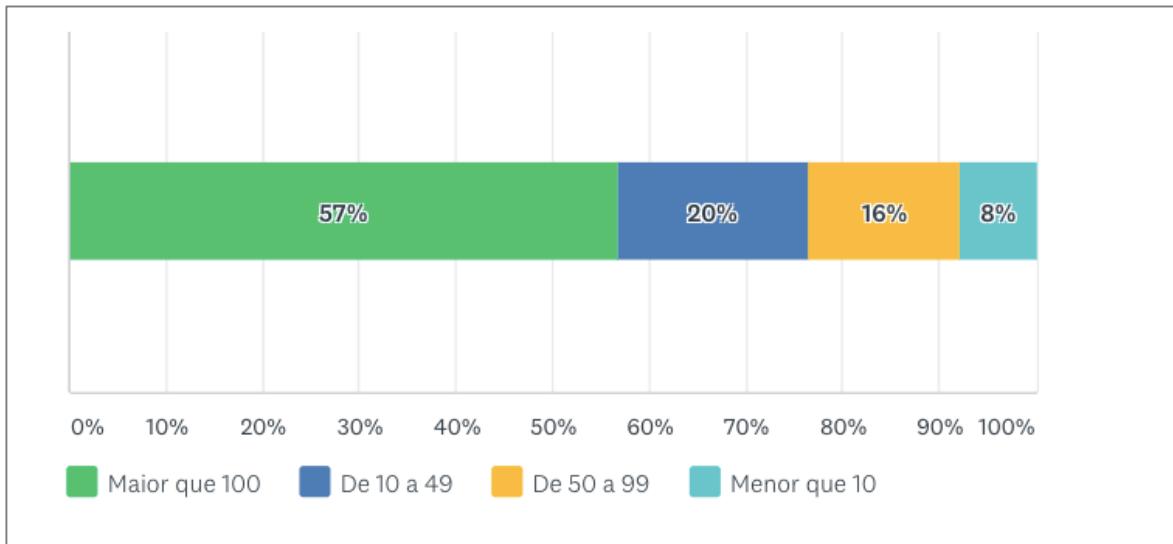
Fonte: própria.

Para obtenção dos dados, optou-se pelo ranking, conforme proposto na metodologia. A aplicação da pesquisa será de forma semelhante ao questionário exploratório; isto é, serão enviados e-mails, para os mesmos contatos, com o *link* referente à pesquisa na plataforma *SurveyMonkey* (Apêndice B).

6.5.2 Análise da coleta de dados (PD)

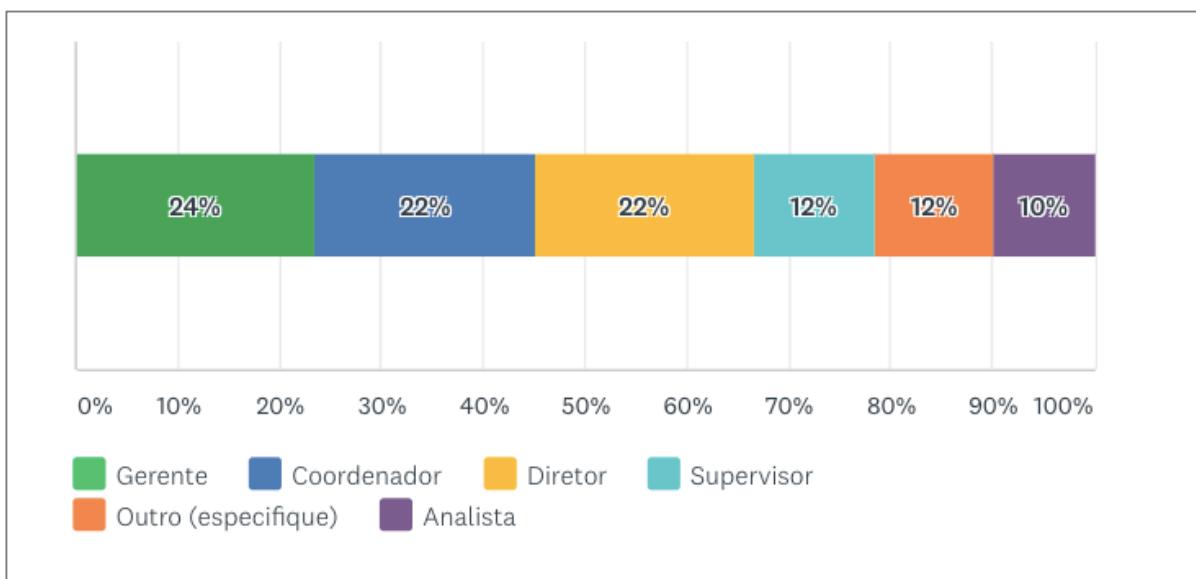
A aplicação da pesquisa PD resultou na participação de 51 tomadores de decisão de empresas pertencentes e com atuação em diversas regiões do país. A amostra é composta por gestores logísticos de grandes empresas (Figura 22) que ocupam, na sua maioria, posições de alta gerência (Figura 23). As empresas entrevistadas operam em diversos setores de atuação (alimentos, bebidas, dentre outros). A amostra revela uma boa variabilidade de produtos transportados (Figura 24). Como já havia sido obtido na pesquisa exploratória, porém agora com maior participação.

Figura 22 – Número de funcionários



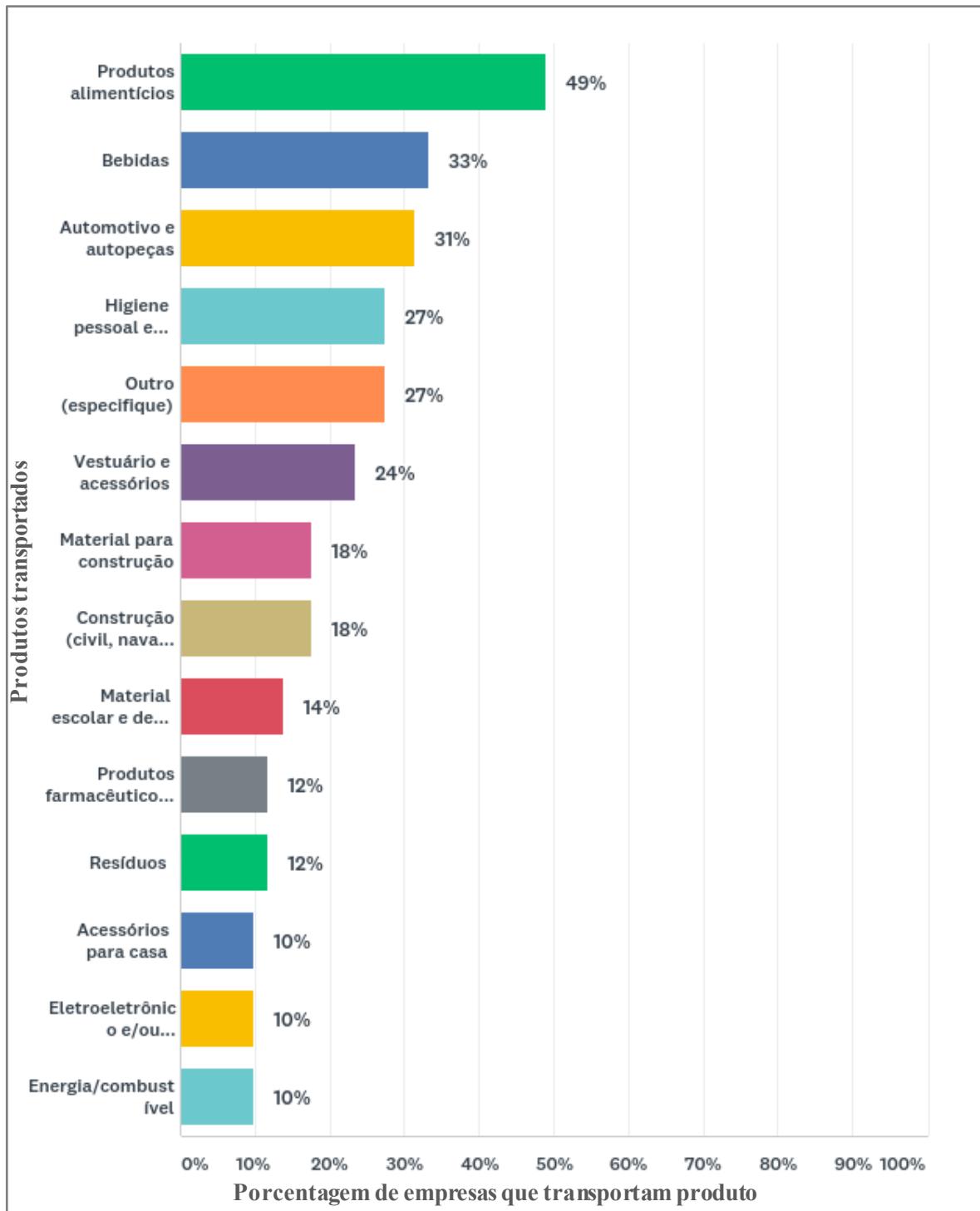
Fonte: própria.

Figura 23 – Cargo dos entrevistados



Fonte: própria.

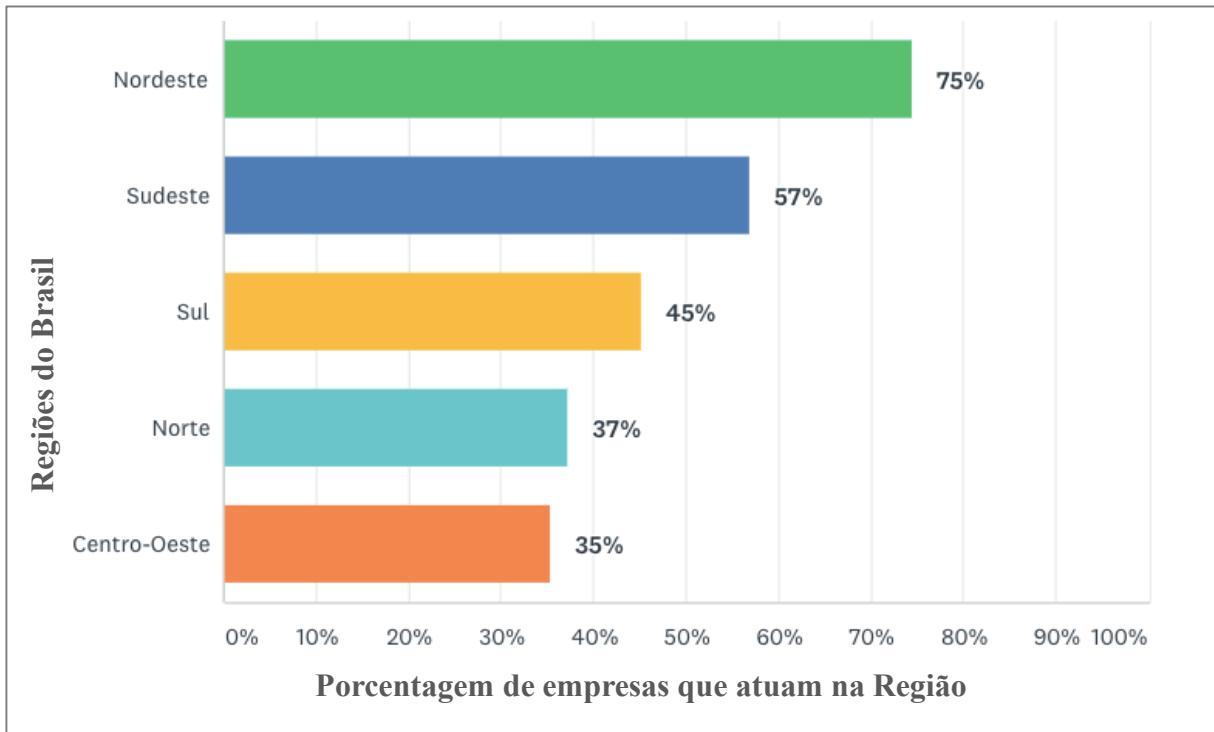
Figura 24 – Produtos transportados



Fonte: própria.

Verifica-se que há uma boa representatividade em relação às regiões de atuação do Brasil, pois a amostra contempla empresas que atuam em todas as regiões do país, sendo a região Nordeste (74%), Sudeste (58%), Sul (46%), Norte (38%) e Centro-Oeste (36%), conforme Figura 25.

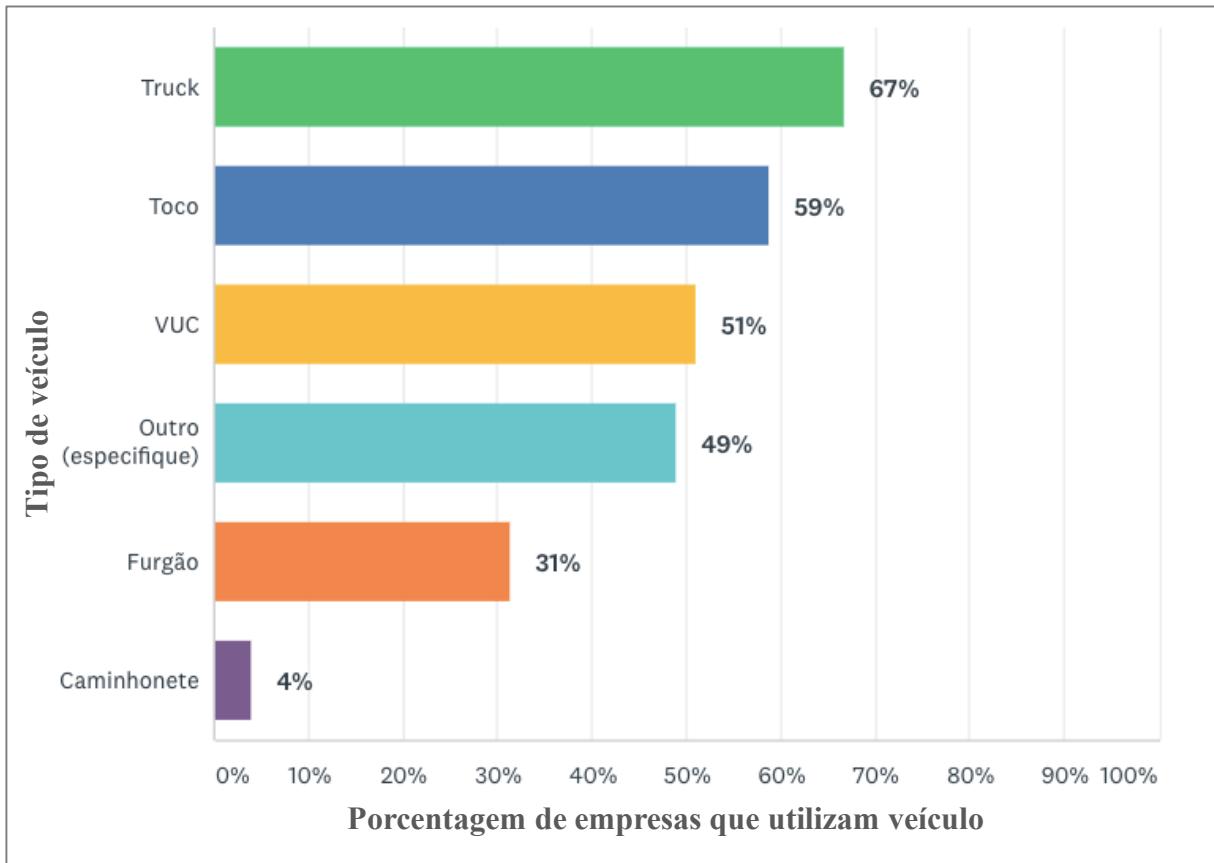
Figura 25– Região de atuação das empresas



Fonte: própria.

Observa-se, na Figura 26, que a amostra possui uma boa variedade de veículos utilizados para realizar suas entregas/coletas urbanas, sendo furgão (36%), caminhonete (4%), VUC (52%), toco (60%), truck (66%) e outro (50%). A maioria dos entrevistados informou que também possui carretas e veículos articulados para realizar a distribuição urbana de carga.

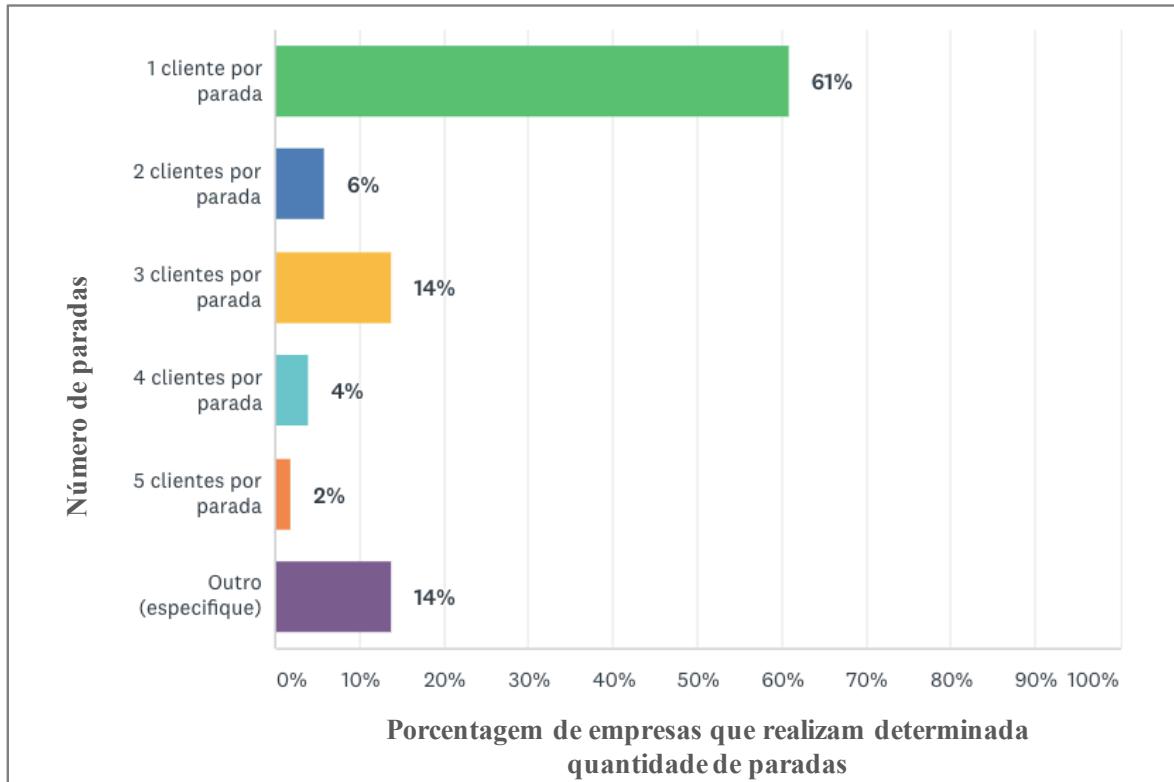
Figura 26 – Tipos de veículos utilizados



Fonte: própria.

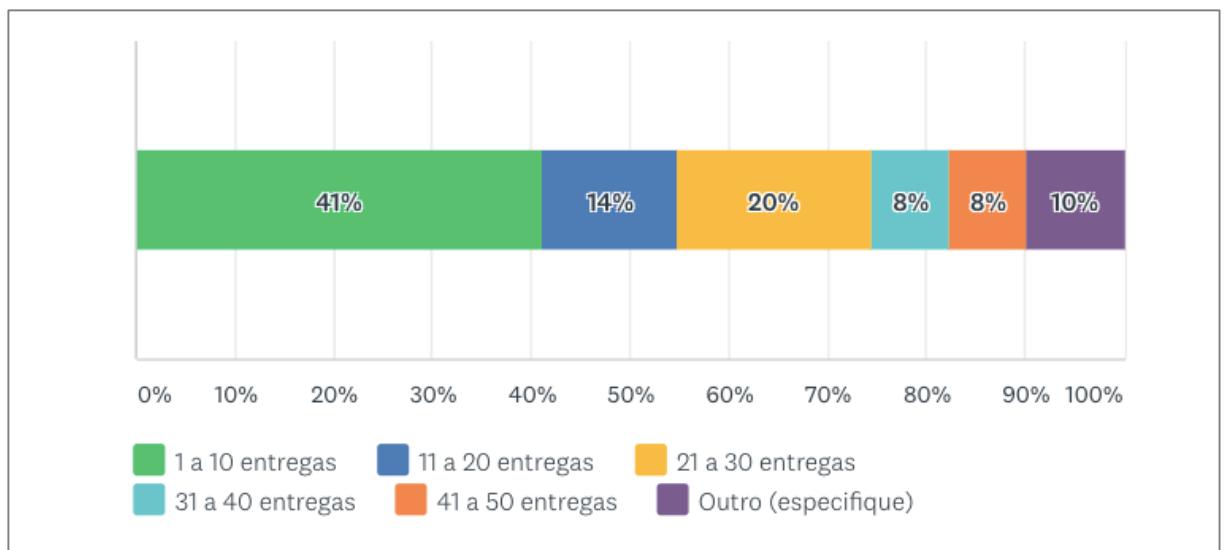
A maioria dos entrevistados (62%) respondeu que atendia em média apenas 1 cliente por parada, conforme Figura 27. Em relação ao número médio de entregas/coletas por rota, 40% respondeu que possui de 1 a 10 entregas por rota, 14% realiza de 11 a 20 entregas por rota, 20% faz de 21 a 30 entregas por rota e 26% realiza de 31 entregas por rota (Figura 28). Esse dado comprova uma das maiores dificuldades enfrentadas na distribuição urbana, que é o elevado número de entregas.

Figura 27 – Número de clientes por parada



Fonte: própria.

Figura 28 – Número de entregas/coletas por viagem



Fonte: própria.

Todas as informações coletadas, a respeito da operação das transportadoras entrevistadas, sustentam a crença de que a amostra estudada possui características capazes de ajudar na compreensão da problemática do fenômeno de distribuição urbana de carga no

Brasil. Uma vez que são grandes empresas atuantes em todo território brasileiro, pertencentes a diversos setores, que possuem uma boa diversidade de veículos e realizam um número significativo de viagens diárias. Além disso, observa-se um padrão similar entre essas informações obtidas das empresas nesta coleta de dados e na pesquisa exploratória, reforçando a validade da coleta de dados e da relevância dos atributos, dado que não necessariamente os 30 voltaram a responder, além dos 21 novos que vieram a participar.

6.6 Formulação dos modelos

O modelo foi formulado de acordo com os dados coletados na pesquisa de Preferência Declarada (PD). A equação que representa a parte sistemática da função-utilidade do modelo das características tem a estrutura apresentada na Equação (7).

$$U(\text{viagem}) = \beta_{ZR} \times ZR + \beta_{LC} \times LC + \beta_{CP} \times CP + \beta_{FP} \times FP \quad (7)$$

em que:

β = Coeficientes dos atributos

ZR = Zonas de Restrição

LC = Local para Carga e descarga

CP = Cumprimento da Programação

FP = Acessibilidade (Fluxo de veículos e condição do Pavimento)

A equação (8) representa a parte sistemática da função-utilidade do modelo das características do veículo.

$$U(\text{veículo}) = \beta_{EC} \times EC + \beta_I \times I + \beta_T \times T \quad (8)$$

Em que:

β = Coeficientes dos atributos

EC = Escolha do Cliente

I = Idade

T = Tamanho do veículo

Para utilização dos modelos serão adotadas as seguintes premissas:

- a) Assume-se que o tomador de decisão é racional;
- b) As alternativas são definidas em termos de seus atributos;

- c) Existem erros nas previsões obtidas pelos modelos;
- d) A regra de decisão segue o princípio de maximização da utilidade.

6.7 Calibração dos modelos

Definida a formulação dos modelos de compreensão dos fatores que interferem na escolha do veículo para o transporte urbano de carga, prosseguiu-se então para a calibração dos mesmos. O programa computacional utilizado para tal feito foi o LMPC, que permite a calibração e a aplicação de modelos de escolha discreta do tipo Logit Multinomial e Logit Multinomial com Probabilidade Condicional, sendo que o segundo foi o utilizado neste trabalho. Os dados utilizados para a calibração dos modelos se encontram nos Apêndices C e D, que são os dados provenientes das respostas de cada entrevista em que o tomador de decisão ordenava as alternativas em cada bloco apresentado.

6.7.1 Modelo da categoria viagem

Os dados referentes às características da viagem foram inseridos no LMPC. Após o processamento, foram obtidos os resultados descritos na Tabela 17:

Tabela 17 - Resultados obtidos na categoria viagem

Atributos	Coeficiente	Teste t
Zona de restrição (ZR)	0,60	4,48
Local para carga e descarga (LC)	0,26	2,02
Cumprimento da programação (CP)	1,38	9,27
Acessibilidade do local da entrega (FP)	0,52	3,98

Número de Entrevistas = 133 Número de Casos = 399

$F(\text{Betas}_0) = -422,68$ $F(\text{Betas}_1) = -345,18$

$LR (-2[F(0)-F(B)]) = 155,00$

$Rho = 0,18$ $Rho (Ajt) = 0,17$

Os sinais positivos de todos os coeficientes estão coerentes, uma vez que, conforme o atributo muda do nível 0 para o nível 1, contribui para o aumento da utilidade da função. Em relação ao teste-t, todos as variáveis explicativas são consideradas significativas

para um nível de confiança de 95%, pois o valor do teste-t está maior que 1,96 para todos os atributos. O LR está adequado, pois rejeita-se a hipótese de nulidade simultânea de todos os parâmetros. Entretanto, o ρ^2 ainda não está satisfatório, pois espera-se valores entre 0,2 e 0,4 para considerar bons ajustes do modelo.

Desse modo, recorre-se a uma estratégia de melhoria do modelo, removendo os dados discrepantes, ao aplicar tal funcionalidade, os resultados dos coeficientes se modificaram, conforme indicado na Tabela 18.

Tabela 18 - Resultados obtidos após retirada dos dados discrepantes pelo *software*

Atributos	Coeficiente	Teste t
Zona de restrição (ZR)	0,7818	5,0475
Local para carga e descarga (LC)	0,3288	2,2439
Cumprimento da programação (CP)	1,9712	10,7525
Acessibilidade do local da entrega (FP)	0,8051	5,2525

Número de Entrevistas = 117 Número de Casos = 351

F(Betas_0) = -371,83 F(Betas_1) = -256,90

LR (-2[F(0)-F(B)])= 229,87

Rho = 0,31 Rho (Ajt) = 0,30

Observa-se que, com a retirada dos dados discrepantes, houve uma melhoria na performance do modelo, que pode ser observada ao analisar o ρ^2 , que passou de 0,18 para 0,31, alcançando um valor satisfatório. Além disso, houve melhoria em todos os testes estatísticos.

Os resultados do teste-t indicam que todos os atributos analisados são significativos, pois seus coeficientes tiveram valores iguais ou acima de 1,96 (em módulo), com nível de confiança de 95%. No teste de Razão de Verossimilhança foi obtido $X^2=229,87$ rejeitando a hipótese de nulidade de todos os parâmetros simultaneamente. Os valores positivos dos coeficientes indicam que todos os atributos contribuem positivamente para o aumento da utilidade. Assim, todos os atributos analisados são significativos e o modelo atingiu parâmetros satisfatórios para a calibração. Com isso, tem-se que o modelo dos atributos da categoria viagem está calibrado.

6.7.2 Modelo para categoria veículo

Os dados referentes às características do veículo foram inseridos no LMPC. Após o processamento, foram obtidos os resultados descritos na Tabela 19:

Tabela 19 - Resultados obtidos na categoria veículo

Atributos	Coeficiente	Teste t
Atendimento ao requisito do cliente (EC)	0,18	1,14
Idade (I)	0,51	3,18
Tamanho (T)	0,44	2,75

Número de Entrevistas = 77 Número de Casos = 231

$F(\text{Betas}_0) = -244,71$ $F(\text{Betas}_1) = -233,90$

$LR (-2[F(0)-F(B)]) = 21,63$

$Rho = 0,04$ $Rho (Ajt) = 0,03$

Os sinais positivos de todos os coeficientes estão coerentes, uma vez que, conforme o atributo muda do nível 0 para o nível 1, contribui para o aumento da utilidade da função. Em relação ao Teste t, as variáveis “idade” e “tamanho” são consideradas significativas para um nível de confiança de 95%, pois o valor do teste-t está maior que 1,96 para todos os atributos. Por sua vez, o atributo “atendimento ao requisito do cliente” não pode ser considerado significativo, de acordo com o teste-t. Por sua vez, o LR está adequado, pois rejeita-se a hipótese de nulidade simultânea de todos os parâmetros. Entretanto, o ρ^2 está muito longe de ser considerado satisfatório.

Da mesma forma que no modelo da categoria viagem, recorre-se a uma estratégia de melhoria do modelo. O *software* identificou e retirou de modo automático dados discrepantes. Fazendo isso, obteve-se o seguinte resultado, encontrado na Tabela 20:

Tabela 20 - Resultados obtidos na categoria veículo após retirada dos dados discrepantes pelo *software*.

Atributos	Coeficiente	Teste t
Atendimento ao requisito do cliente (EC)	0,33	1,9393
Idade (I)	0,68	3,9296
Tamanho (T)	0,66	3,8589

Número de Entrevistas = 71 Número de Casos = 213

$F(\text{Betas}_0) = -225,64$ $F(\text{Betas}_1) = -206,65$

$LR (-2[F(0)-F(B)]) = 37,98$

$Rho = 0,08$ $Rho (Ajt) = 0,07$

Observa-se que, com a retirada dos dados discrepantes de modo automático, houve uma melhoria na performance do modelo. Nota-se que o ρ^2 passou de 0,04 para 0,08; apesar de ser uma melhoria, ainda é insuficiente. Com isso, o modelo precisa ser melhorado.

Com esse propósito, foram retirados manualmente alguns dados inconsistentes; isto é, respostas em que o entrevistado ordenou a melhor alternativa como pior, ou a pior alternativa como melhor.

Feito isso, os dados referentes às características do veículo foram inseridos no LMPC. Após o processamento, foram obtidos os resultados descritos na Tabela 21:

Tabela 21 - Resultados obtidos na categoria veículo após retirada dos dados discrepantes manualmente

Atributos	Coeficiente	Teste t
Atendimento ao requisito do cliente (EC)	0,65	3,43
Idade (I)	1,06	5,35
Tamanho (T)	0,80	4,13

Número de Entrevistas = 61 Número de Casos = 183

$F(\text{Betas}_0) = -193,86$ $F(\text{Betas}_1) = -161,06$

$LR (-2[F(0)-F(B)]) = 65,60$

$Rho = 0,17$ $Rho (Ajt) = 0,15$

Com a retirada dos dados inconsistentes, os resultados foram melhores. A partir desse resultado, foi imposto ao *software* que possíveis dados discrepantes, que não foram retirados manualmente, fossem excluídos da amostra. O LMPC detectou dados discrepantes e os retirou da calibração do modelo. Assim, obteve-se o seguinte resultado (Tabela 22):

Tabela 22 - Resultados obtidos na categoria veículo após retirada dos dados discrepantes pelo *software* parte 2

Atributos	Coeficiente	Teste t
Atendimento ao requisito do cliente (EC)	0,88	3,85
Idade (I)	1,60	6,51
Tamanho (T)	1,17	4,92

Número de Entrevistas = 51 Número de Casos = 153

$F(\text{Betas}_0) = -162,08$ $F(\text{Betas}_1) = -114,40$

$LR (-2[F(0)-F(B)]) = 95,36$

$Rho = 0,29$ $Rho (Ajt) = 0,28$

Observa-se que, com a retirada dos dados discrepantes automaticamente, houve uma melhoria na performance em relação ao modelo anterior, que pode ser observada ao analisar o ρ^2 , que passou de 0,17 para 0,29, alcançando um valor satisfatório.

Os resultados do teste-t indicam que todos os atributos analisados, cujos valores de seus coeficientes foram iguais ou acima de 1,96 (em módulo), com nível de confiança de 95%, são significativos. No teste de Razão de Verossimilhança foi obtido $X^2=95,36$ rejeitando a hipótese de nulidade de todos os parâmetros simultaneamente. Os valores positivos dos coeficientes indicam que todos os atributos contribuem positivamente para o aumento da utilidade. Assim, todos os atributos analisados são significativos e o modelo atingiu parâmetros satisfatórios para a calibração. Com isso, tem-se que o modelo dos atributos para categoria veículo está calibrado.

6.8 Análise da influência dos atributos sobre a escolha do veículo urbano de carga

Nesta etapa será analisada a influência sobre a escolha do veículo urbano de carga dentro das categorias dos atributos, conforme discutido a seguir.

6.8.1 Análise dos atributos da categoria viagem

Consoante ao proposto na metodologia, a primeira etapa da análise consiste na avaliação da importância relativa dos atributos, ou utilidade do atributo em relação à máxima, a partir da Função Utilidade Máxima. Assim, será encontrado o quanto cada atributo relacionado à viagem contribui para a utilidade nesta categoria. A Tabela 23 mostra as utilidades dos atributos em comparação com a utilidade máxima dos itens avaliados referente a eles, cujos resultados estão representados graficamente na Figura 28.

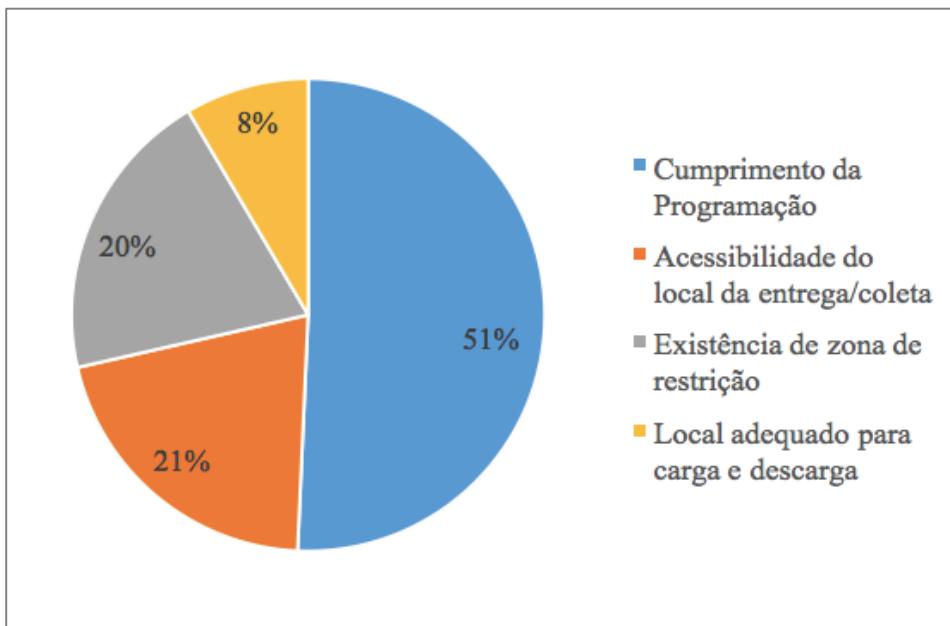
Tabela 23 – Utilidade dos atributos pesquisados em relação à utilidade máxima do item avaliado

Atributo	Coeficiente	Utilidade do atributo em relação à máxima
Existência de zona de restrição	0,78	20,1%
Local adequado para carga e descarga	0,33	8,5%
Cumprimento da programação	1,97	50,7%
Acessibilidade do local da entrega/coleta	0,81	20,7%
Utilidade máxima	3,89	

Fonte: própria.

A análise dos coeficientes indicou a priorização do atributo “cumprimento da programação” (51%) por parte dos gestores logísticos ao escolher um veículo para movimentação de carga urbana. Em seguida, os entrevistados deram maior importância à acessibilidade do local da entrega/coleta (21%) e existência de zona de restrição (20%). Já o atributo que se refere ao local para carga e descarga (8%) não parece ser tão relevante para os tomadores de decisão, mas ele é estatisticamente significativo, conforme Figura 29.

Figura 29 – Importância relativa dos atributos da categoria viagem



Fonte: própria.

A utilidade de cada cenário pode ser calculada por meio da Equação 9:

$$U(\text{viagem}) = 0,78 \times ZR + 0,33 \times LC + 1,97 \times CP + 0,81 \times FP \quad (9)$$

A partir das utilidades foi possível ponderar sobre a probabilidade de escolha de cada cenário correspondente a categoria viagem (Tabela 13). Os resultados da probabilidade de escolha estão apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 - Utilidade e probabilidade dos cenários analisados para os entrevistados

Alt.	Cenários				Utilidade	Prob. (%)
	Zonas de restrição	Regulamentação para local de carga e descarga	Cumprimento da programação	Acessibilidade		
8	Sem zonas de restrição	Existe	Sim	Boa	3,8869	24,2
12	Sem zonas de restrição	Não existe	Sim	Boa	3,5581	17,4
16	Com zonas de restrição	Existe	Sim	Boa	3,1051	11,1
2	Sem zonas de restrição	Existe	Sim	Ruim	3,0818	10,8

Alt.	Zonas de restrição	Regulamentação para local de carga e descarga	Cumprimento da programação	Acessibilidade	Utilidade	Prob. (%)
4	Com zonas de restrição	Não existe	Sim	Boa	2,7763	8,0
14	Sem zonas de restrição	Não existe	Sim	Ruim	2,7530	7,8
10	Com zonas de restrição	Existe	Sim	Ruim	2,3000	4,9
6	Com zonas de restrição	Não existe	Sim	Ruim	1,9712	3,6
3	Sem zonas de restrição	Existe	Não	Boa	1,9157	3,4
15	Sem zonas de restrição	Não existe	Não	Boa	1,5869	2,4
11	Com zonas de restrição	Existe	Não	Boa	1,1339	1,5
5	Sem zonas de restrição	Existe	Não	Ruim	1,1106	1,5
7	Com zonas de restrição	Não existe	Não	Boa	0,8051	1,1
9	Sem zonas de restrição	Não existe	Não	Ruim	0,7818	1,1
13	Com zonas de restrição	Existe	Não	Ruim	0,3288	0,7
1	Com zonas de restrição	Não existe	Não	Ruim	0,0000	0,5

Fonte: própria.

Ao analisar os atributos de forma individual, conforme Tabela 23, verifica-se que o atributo “cumprimento da programação” esteve presente em todos os oito cenários de maior valoração ($87,8\% = 24,2\% + 17,4\% + 11,1\% + 10,8\% + 8,0\% + 7,8\% + 4,9\% + 3,6\%$), corroborando com os resultados da importância relativa do referido atributo (51%).

A “acessibilidade do local da entrega/coleta” referente a um baixo fluxo e boa condição do pavimento teve percentual de 69,1% ($24,2\% + 17,4\% + 11,1\% + 8,0\% + 3,4\% + 2,4\% + 1,5\% + 1,1\%$), enquanto 30,9% optam pela baixa acessibilidade em detrimento de outros atributos em melhores níveis.

Para “existência de zona de restrição”, 68,6% (24,2% + 17,4% + 10,8% + 7,8% + 3,4% + 2,4% + 1,5% + 1,1%) prioriza zonas sem restrição, enquanto 31,4% escolheriam realizar a movimentação de carga em zonas com restrição à veículos pesados em detrimento de outros atributos da viagem.

Em relação ao “local adequado para carga e descarga”, 58,1% (24,2% + 11,1% + 10,8% + 4,9% + 3,4% + 1,5% + 1,5%) optam por existência de regulamentação em local adequado para carga e descarga, enquanto 41,9% escolheriam realizar a entrega/coleta em local inadequado para carga e descarga em detrimento de outros atributos.

Tabela 25 – Probabilidade dos cenários analisados individualmente

Cenários	Probabilidade Analisada
Cumprimento da programação	87,8%
Baixo fluxo e boa condição do pavimento	69,1%
Sem zonas de restrição	68,6%
Existência de regulamentação e vagas para carga e descarga	58,1%
Sem regulamentação para local de carga e descarga	41,9%
Com zonas de restrição	31,4%
Alto fluxo, faixas estreitas com buracos	30,9%
Não cumprimento da programação	12,2%

Fonte: própria.

Os resultados encontrados evidenciam a relevância do **cumprimento da programação** e como ela impacta na escolha do veículo. Os gestores mostraram que escolheriam até mesmo fazer uma viagem (entrega ou coleta) para uma zona com restrição, sem local adequado para carga e descarga, com alto fluxo de veículos, faixas estreitas com buracos, desde que atendesse toda a programação estabelecida (realidade é apresentada na alternativa 6, que se trata da 8^a melhor alternativa de acordo com a visão dos gestores).

A **acessibilidade do local da entrega/coleta e existência de zonas com restrição** receberam praticamente a mesma importância relativa, evidenciando a relevância delas na escolha veicular. Estes dois fatores representam alguns dos principais problemas enfrentados na movimentação urbana de carga, principalmente com o aumento de medidas restritivas à circulação de veículos de carga sem um estudo prévio de como isso impacta o sistema de transporte e a economia como um todo.

O **atributo de local adequado para carga e descarga** obteve um resultado inesperado, tendo tido baixa importância relativa, diferentemente do que havia ocorrido no questionário exploratório, em que havia sido o segundo atributo mais importante nesta categoria. Isso mostra como a PD pode ajudar na compreensão do fenômeno, uma vez que permite analisar os *trade-offs* existentes entre os atributos. Isto é, os gestores logísticos gostariam de ter um local adequado para carga e descarga de suas mercadorias, mas estão dispostos a abrir mão desse benefício em troca de acessibilidade adequada, zonas sem restrição e, principalmente, cumprimento da programação.

6.8.2 Análise dos atributos da categoria veículo

Assim como nos atributos da categoria viagem, realizou-se a análise comparativa dos coeficientes através da Função Utilidade Máxima. A Tabela 26 mostra as utilidades dos atributos em comparação com a utilidade máxima dos itens avaliados referente a eles.

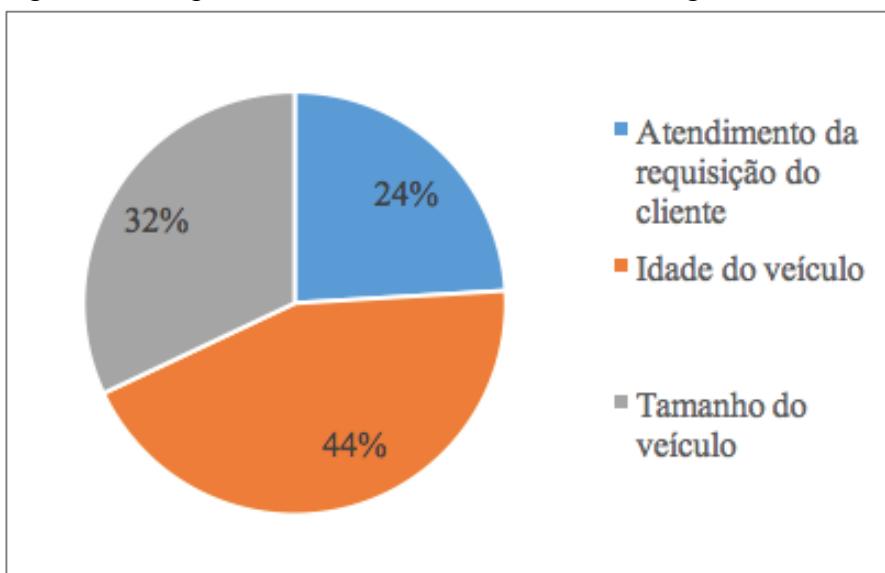
Tabela 26 – Utilidade dos atributos avaliados em relação à utilidade máxima do item avaliado na categoria veículo

Atributo	Coeficiente	Utilidade do atributo em relação à máxima
Atendimento da requisição do cliente	0,88	24,1%
Idade do veículo	1,60	43,9%
Tamanho do veículo	1,17	32,0%
Utilidade máxima	3,65	

Fonte: própria.

A análise dos coeficientes indicou a priorização do atributo “idade do veículo” (43,9%) por parte dos gestores logísticos ao escolher um veículo para movimentação de carga urbana. Em seguida, os entrevistados deram maior importância ao tamanho do veículo (32%) e atendimento do requerido pelo cliente (24,1%), conforme Figura 30.

Figura 30 – Importância relativa dos atributos da categoria veículo



Fonte: própria.

A utilidade de cada cenário pode ser calculada por meio da Equação 10:

$$U(\text{veículo}) = 0,88 \times EC + 1,60 \times I + 1,17 \times T \quad (10)$$

A partir das utilidades foi possível obter a probabilidade de escolha de cada cenário relacionado à categoria veículo (Tabela 14), cujos resultados obtidos encontram-se apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 - Utilidade e probabilidade dos cenários analisados para os entrevistados

Alternativa	Escolha do Cliente	Idade do Veículo	Tamanho do veículo	Utilidade	Probabilidade (%)
8	Atender a escolha	Menos de 10 anos	VUC ou menor	3,65	44,9
3	Não atender a escolha	Menos de 10 anos	VUC ou menor	2,77	18,6
4	Atender a escolha	Menos de 10 anos	Maior que um VUC	2,48	13,9
2	Atender a escolha	Mais de 10 anos	VUC ou menor	2,04	9,0
6	Não atender a escolha	Menos de 10 anos	Maior que um VUC	1,60	5,8
7	Não atender a escolha	Menos de 10 anos	VUC ou menor	1,17	3,8

Alternativa	Escolha do Cliente	Idade do Veículo	Tamanho do veículo	Utilidade	Probabilidade (%)
5	Atender a escolha	Mais de 10 anos	Maior que um VUC	0,88	2,8
1	Não Atender a escolha	Mais de 10 anos	Maior que um VUC	0,00	1,2

Fonte: própria.

Ao analisar os atributos de forma individual, conforme Tabela 26, verifica-se que o atributo “idade do veículo” com menos de 10 anos está presente nos três cenários de maior valoração e no quinto cenário ($83,3,0\% = 44,9\% + 18,6\% + 13,9\% + 5,8,0\%$), corroborando com os resultados da importância relativa do referido atributo (44%). O “tamanho do veículo” referente a um VUC ou menor teve percentual de 76,3% ($44,9\% + 18,6\% + 9,0\% + 3,8\%$), enquanto 23,7% optam por veículos maiores que um VUC em detrimento de outros atributos em melhores níveis. Para “atendimento da escolha do cliente”, 70,7% ($44,9\% + 13,9\% + 9,0\% + 2,8\%$) prioriza utilizar o veículo escolhido pelo cliente, enquanto 38,0% escolheriam outro tipo de veículo em detrimento de outros atributos da viagem.

Tabela 28 – Probabilidade dos cenários analisados individualmente

Cenários	Probabilidade Analisada
Veículo com menos de 10 anos	83,3%
VUC ou menor	76,3%
Utilizar o veículo escolhido pelo cliente	70,7%
Não utilizar o veículo escolhido pelo cliente	29,3%
Maior que um VUC	23,7%
Veículo com mais de 10 anos	16,7%

Fonte: própria.

O atributo “idade do veículo” recebeu a maior importância relativa, diferentemente do que tinha ocorrido no questionário exploratório. Esse resultado mostra como a percepção do tomador de decisão sobre a importância pode mudar diante de uma situação *trade-off*. Isto é, a maioria dos gestores logísticos priorizaram o atributo “idade do veículo” diante dos demais atributos apresentados. Ao tentar fazer uma relação com o resultado encontrado na categoria viagem, encontra-se uma coerência interessante, uma vez que ambos atributos mais importantes em cada uma das categorias estão relacionados com a

confiabilidade da operação, pois entende-se que veículos mais novos tendem a ter menos problemas mecânicos ou necessidade de manutenções corretivas.

Os atributos “**tamanho do veículo**” e “**exigência do veículo**” ficaram bem próximos na importância relativa. Os resultados evidenciaram a preferência por veículos menores, o que é coerente para movimentação urbana de carga, devido às inúmeras restrições e dificuldades enfrentadas. Os entrevistados também mostraram que prezam pela utilização do veículo escolhido pelo cliente. Como se trata de entregas/coletas urbanas, o cliente provavelmente optará por veículos menores, estando em consonância pela preferência de utilizar veículos menores por parte das transportadoras em zonas urbanas também.

6.9 Considerações finais

Buscou-se neste capítulo a identificação dos atributos a partir da literatura e a avaliação da importância relativa para o transporte urbano de cargas no Brasil, sob a ótica dos gestores de empresas de transporte distribuídas pelo país. Várias etapas intermediárias foram necessárias para fazer esta transformação. Isto possibilitou adquirir maior compreensão sobre a problemática e sobre o processo de tomada de decisão quanto ao TUC.

Constatou-se a relevância do cumprimento da programação e como ele pode impactar na escolha veicular. Observou-se que os gestores logísticos estão até mesmo dispostos a se arriscarem a levar multas advindas das restrições de circulação e vagas de estacionamento para carga e descarga, se esta ação for necessária para evitar o atraso do atendimento ao cliente. Foi um resultado muito interessante, pois foge ao senso comum.

Em relação à categoria veículo, a idade veicular foi o atributo considerado como maior relevância, mostrando coerência com a categoria viagem. Uma vez que veículos novos tendem a ter menos problemas operacionais, garantindo maior confiabilidade no prazo do atendimento ao cliente.

7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresenta um estudo voltado à compreensão da escolha quanto ao veículo para a movimentação de cargas em áreas urbanas, o que representa uma decisão complexa devido à existência de diversos fatores relacionados, múltiplos atores e restrições impostas ao transporte de cargas nas cidades. Contudo, por se tratar de uma atividade que contribui para o desenvolvimento econômico, não pode ser simplesmente reduzida ou anulada.

Assim, o planejador logístico precisa lidar com as políticas restritivas impostas pelo poder público, ao mesmo tempo atingir o nível de serviço esperado pelo cliente, bem como garantir seu resultado operacional e economicamente satisfatório. Desta forma, os atributos relacionados a esta escolha possuem grande importância, pois eles ajudam na compreensão do fenômeno, ao identificar ou reconhecer as principais dificuldades, assim como as prioridades existentes neste processo.

Primeiramente, foi realizada uma busca extensiva na literatura sobre os atributos considerados na escolha modal para o transporte de cargas nas últimas décadas. Esta investigação contribuiu para reconhecer a existência da variedade de fatores relacionados a esta decisão, os quais dificilmente poderiam ser analisados concomitantemente. Assim, como produto desta etapa, tem-se a compilação dos principais atributos para a escolha modal, os quais foram agrupados em categorias, de acordo com sua natureza, bem como a frequência em que eles foram considerados nos estudos.

O conhecimento sobre a realidade urbana possibilitou selecionar, a partir da compilação, os atributos que são condizentes com o transporte urbano de cargas. Por conseguinte, foi projetado um questionário exploratório, o qual foi aplicado para gestores logísticos de transportadoras de todo Brasil, a fim de verificar a aderência desses atributos encontrados na literatura à realidade do fenômeno estudado.

Como resultado da utilização das estratégias *rating* e *raking* no questionário, encontrou-se os principais atributos considerados na escolha do veículo comercial para o transporte urbano de cargas sob a ótica de empresas transportadoras brasileiras em cada uma das categorias.

Na categoria viagem, verificou-se grande representatividade das restrições quanto à área de entrega/coleta de carga, uma vez que os atributos de ‘existência de zonas de restrições à circulação da carga’ e ‘local adequado para carga e descarga’ foram aqueles que receberam maiores notas e prioridade no ordenamento. Em relação à mercadoria, peso e

volume foram os fatores que foram vistos como mais importantes. Com relação ao veículo, como esperado, constatou-se a relevância do ‘custo operacional’ e da ‘capacidade do veículo’. Por sua vez, a ‘exigência quanto ao tamanho do veículo’ também recebeu uma média alta e considerável representatividade no ordenamento de prioridade. Possivelmente, um dos motivos deve ser devido a operações *just-in-time* em que o cliente exige uma maior frequência de entregas e uma menor quantidade de mercadorias, ou até mesmo devido às restrições físicas do cliente, como um local que só pode receber até determinado tamanho de veículo. Desse modo, alcançou-se o primeiro e o segundo objetivos específicos desta pesquisa de mestrado.

A partir dessa análise, foi projetada uma pesquisa de preferência declarada que foi aplicada à mesma base de dados do questionário exploratório. Por meio dos dados obtidos e da utilização do modelo de escolha discreta LMPC, estimou-se uma função utilidade em cada categoria analisada. Os modelos, após apresentarem resultados satisfatórios em testes estatísticos, foram considerados calibrados. A análise dos coeficientes permite estabelecer a importância relativa de cada uma das variáveis encontradas e alcançar uma melhor compreensão sobre a tomada de decisão relacionada ao veículo para o transporte de cargas em áreas urbanas no Brasil.

Os resultados encontrados foram interessantes e, alguns deles, fogem do senso comum. Obteve-se, não apenas a ordem de importância dos atributos de cada categoria, mas a relação existente entre eles (*trade-offs*) e o que os gestores estão dispostos a perder em troca de um melhor nível de um determinado atributo considerado. Em suma, constata-se que o primordial, na visão do gestor, é garantir a confiabilidade ao cliente. Na categoria veículo, os principais atributos são: idade do veículo, tamanho do veículo e atendimento da requisição do cliente. E, na categoria viagem, os principais atributos são: cumprimento da programação, condições de acesso do local da entrega/coleta, existência de zonas de restrição e local adequado para carga e descarga. Após essas etapas, foram alcançados o terceiro e o quarto objetivos específicos deste trabalho.

Diante disso, acredita-se que este trabalho contribua para a compreensão da tomada de decisão quanto ao veículo urbano de carga, considerando as diversas variáveis existentes no fenômeno de movimentação de carga urbana, uma vez que não se restringe a realidades específicas de alguns tipos de veículos ou mercadorias. Contudo, é importante reconhecer que ainda pode-se avançar neste campo ao avaliar a escolha modal propriamente dita para o transporte urbano de carga, assim como outros fatores.

Uma das limitações desta pesquisa está relacionada ao método de amostragem

utilizado, que foi por conveniência. Assim, sugere-se que seja feito um trabalho similar empregando a amostragem aleatória simples. Outra dificuldade encontrada se refere à quantidade de entrevistados que, apesar de ter sido adequado para calibração do modelo de acordo com a estimativa do *software*, é muito pequena em relação à população.

Sendo assim, sugere-se para trabalhos futuros obter um maior número de respostas e, se possível, calibrar diferentes modelos, estratificando por segmentos de atuação, tamanho da empresa, ocupação do entrevistado, tipos de veículos disponíveis e/ou número de entregas diárias realizadas. Desta forma, seria possível verificar se existem diferenças significativas na importância dos atributos entre esses estratos.

Outra limitação está relacionada com o foco deste trabalho, que é análise dos atributos para a escolha modal, e não a escolha modal em si. Como esta pesquisa identificou os principais atributos para o processo decisório da escolha do veículo urbano, a partir disso, podem ser realizadas pesquisas que visem obter a divisão modal de fato para o transporte urbano de carga no Brasil, englobando os principais veículos utilizados nesta atividade.

REFERÊNCIAS

ABATE, M.; JONG, G. The optimal shipment size and truck size choice - The allocation of trucks across hauls. **Transportation Research Part A**, v. 59, p. 262-277, 2014.

ABDELWAHAB, W. Elasticities of mode choice probabilities and market elasticities of demand: evidence from simultaneous mode choice/shipment-size freight transport model. **Transportation Research Part E**, v. 34, n. 4, p. 257-266, 1998.

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

ALLEN, J.; BROWNE, M. **Review of survey techniques in urban freight studies**. Green Logistics project report, University of Westminster, 2008.

AREN CIBIA, A. I.; FEO-VALERO, M.; GARCÍA-MENÉNDEZ, L. Modelling mode choice for freight transport using advanced choice experiments. **Transportation Research Part A**, v. 75, p. 252-267, 2015.

AZZAM, A. M.; LINSENMEYER, D. The impact of volume of marketings and distance to markets on the choice of truck size. **North Central Journal of Agricultural Economics**, v. 9, n. 1, p. 135-144, 1987.

BEN-AKIVA, M. E.; LERMAN, S. R. **Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand**. Cambridge, 1985.

BEN-AKIVA, M.; BIERLAIRE, M.; WALKER, J. **Discrete Choice Analysis**, 2013.

BEUTH, M.; BOUFFIOUX, C. H.; DEMAEYER, J.; SANTAMARIA, G.; VANDRESSE, WITLOX, F.; M. VANDAELE, E. **A multi-criteria methodology for stated preferences among freight transport alternatives**. A. Reggiani & Schintler (Eds) Methods and Models in Transport and Telecommunications: Cross Atlantic Perspectives, 2005.

BIERLAIRE, M. **An introduction to Biogeme (Versão 1.8).** Disponível em: <http://biogeme.epfl.ch/archives/v18/tutorialv18.pdf>. Acesso em: 10 de setembro de 2017.

BLIEMER, M. C. J.; ROSE, J. M. Construction of experimental designs for mixed logit models allowing for correlation across choice observations. **Transportation Research Part B**, v. 46 (3), p. 720–734. Special issue, 2010.

BLIEMER, M. C. J.; ROSE, J.M. **Efficiency and sample size requirements for stated choice experiments.** Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC January, 2009.

BLIEMER, M. C. J., ROSE, J.M. **Efficiency and Sample Size Requirements for Stated Choice Studies.** Report ITLS-WP-05-08. Institute of Transport and Logistics Studies, University of Sydney, 2005.

BOERKAMPS, J. **State of the Art of City Logistics in the Netherlands: Research Framework and Research Activities**, Taniguchi, E., and Thompson, R. (eds.) City Logistics II, p. 241-253, 2002.

BRANDLI, L. L.; HEINECK, L. F. M. Modelagem da demanda combinando dados de preferência declarada e revelada. **Revista Produção**, v. X, n. X, 2006.

BRITO, A. N. **Aplicação de um procedimento usando preferência declarada para a estimativa do valor do tempo de viagem de motoristas em uma escolha entre rotas rodoviárias pedagiadas e não pedagiadas.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2007.

CAMARGO, O. **Identificação dos principais atributos considerados no transporte de cargas: estudo de caso no Oeste Paraense.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2000.

CARSON, R.T.; LOUVIERE, J. J.; ANDERSON, D. A.; ARABIE, P.; BUNCH, D. S.; HENSHER, D. A.; JOHNSON, R. M.; KUHFELD, W. F.; STEINBERG, D.; SWAIT, J.; TIMMERMANS, H.; WILEY, J. B. **Experimental analysis of choice.** Market Lett. v. 5, p.

351-368, 1994.

CHERRETT, T.; ALLEN, J.; MCLEOD, F.; MAYNARD, S.; HICKFORD, A.; BROWNE, M. Understanding urban freight activity - key issues for freight planning. **Journal of Transport Geography**, v. 24, p. 22-32, 2012.

CNT, **Notícias CNT**. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Imprensa/noticia/custo-logistico-consume-12-do-pib-do-brasil>. Acesso: Dezembro de 2017.

COOK, W. R. Transport Decisions of Certain Firms in the Black Country. **Journal of Transport Economics and Policy**, v. 1 n. 2, p. 326-344, 1967.

COMI, A.; SITE, P. D.; FILIPPI, F.; NUZZOLO, A. Urban Freight Transport Demand Modelling: a State of the Art. **European Transport \ Trasporti Europei**, v. 51, n.7, 2012.

CRAINIC, T; RICCIARDI, G; STORCHI, N. Models for evaluating and planning city logistics systems. **Transportation Science**, v. 43 (4), 432-454, 2009.

CULLINANE, K.; TOY, N. Identifying influential attributes in freight route/mode choice decisions: a content analysis. **Transportation Research Part E**, v. 36, p. 41-53, 2000.

DANIELIS, R. **Freight transport demand and stated preference experiments**. Milan: Franco Angeli, 2002.

DENATRAN. **Anuários**, 2010. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br>>. Acesso: 15 ago. 2017.

D'EST, G.; MEYRICK, S. **More than the Bottom line: How Users Select a Shipping Service**. 14th Australian Transport Research Forum, v. 1, Western Australia Department of Transport, Perth, WA, p. 65-8, 1989.

DE-LA-TORRE-GUANILO, M. C.; TAKAHASHI, R. F.; BERTOLOZZI, M. R. Revisão sistemática nociones generales. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 45, n. 5, 2011.

DONAGHY, K. P. **Modeling the Evolution of the Goods Movement Supply Chain and Associated Impacts on Metropolitan Areas: From Micro-foundations to System Effects.** National Urban Freight Conference. California, 2006.

FETROPAR, **Notícias FETROPAR**, 2013. Disponível em: < <http://fetropar.org.br/idade-media-de-caminhoes-no-brasil-e-considerada-alta/>>. Acesso: 15 dez. 2017.

GONÇALVES, B. S. **Um procedimento para escolha modal do transporte terrestre de carga geral no Brasil.** Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

GRANEMANN, S. R.; TOSTA, C. M.; ROCHA, C. H. Escolha de serviços bancários sob a ótica da preferência declarada. **Revista Eletrônica da Administração**, 59 ed., v. 14, n. 1, 2008.

GREENE, W.H.; HENSHER, D.A. **Modeling Ordered Choices: A Primer.** Cambridge, 2010.

GWILLIAM, K. Cities on the move - ten years after. **Research in Transportation Economics**, v. V. IN PRESS, p. 1-16, 2012.

HOLGUÍN-VERAS, J. Revealed Preference Analysis of Commercial Vehicle Choice Process. **Journal of Transportation Engineering**, n. 128, p. 336-346, 2002.

HOLGUÍN-VERAS, J.; WANG, Q. Behavioral Investigation on the Factors That Determine Adoption of an Electronic Toll Collection System: Freight Carriers. **Transportation Research Part C: Engineering Technologies**, v. 19, n. 4, p. 593–605, 2011.

HU, J.; WANG, Q. **Commercial Vehicle Travel Patterns in Urban-Areas: Findings and Implications from Denver Metropolitan Area.** Apresentado no 90th Encontro Anual da Transportation Research Board, Washington, DC, 2011.

HUNT, J. D. ; STEFAN, K. J. Tour-based micro simulation of urban commercial movements. **Transportation Research Part B**, v. 41, n. 9, p. 981-1013, 2007.

JIANG, F.; JOHNSON, P.; CALZADA, C. Freight Demand Characteristics and Mode Choice: An Analysis of the Results of Modeling with Disaggregate Revealed Preference Data. **Journal of Transportation and Statistics**, p. 149-158, 1999.

JONG, G. C.; KOUWENHOVEN, M.; RUIJIS, K.; HOUWE, P.; BORREMANS, D. A time-period choice model for road freight transport in Flanders based on stated preference data. **Transportation Research Part E**, v. 36, n. 4, p. 20-31, 2016.

KHAM, M. **Application of Choice Modeling Methods to Describe Commercial Vehicle Travel Behavior in Urban Areas**. Tese de Doutorado apresentada à Faculty of the Graduate School of The University of Texas, Austin, 2015.

KIM, H.; NICHOLSON, A.; KUSUMASTUTI, D. Analysing freight shippers mode choice preference heterogeneity using latent class modelling. **Transportation Research Procedia** **25C**, p. 1109-1125, 2017.

KROES, E. P.; SHELDON, R. J. Stated Preference Methods. **Journal of Transport Economics and Policy**, v. 22, n. 1, 1988.

LARRANAGA, A. M.; ARELLANA, J.; SENNA, L. A. Encouraging intermodality: A stated preference analysis of freight mode choice in Rio Grande do Sul. **Transportation Research Part A**, v. 102, p. 202-211, 2017.

LIMA, M. L. P. **Uma contribuição metodológica à modelagem da demanda de carga em corredores agrícolas de exportação**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2001.

MAGALHÃES, J. R. M.; PALHARES, D. A. G. **Utilização do método de preferência declarada para caracterização da demanda pelo transporte cicloviário em Montes Claros/MG**. In: Anais do XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET, Belém, Pará, 2013.

MATEAR, S.; GRAY, R. Factors influencing freight service choice for shippers and freight

suppliers. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**. v. 23, n. 2, p. 25-35, 1993.

MEIXELL, M. J.; NORBIS, M. A review of the transportation mode choice and carrier selection literature. **The International Journal of Logistics Management**, v. 19, p. 183-211, 2008.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G.C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**, 5 ed., 2011.

NAM, K. A Study on the Estimation and Aggregation of Disaggregate Models of Mode Choice for Freight Transport. **Transportation Research Part E**, v. 33, p. 223-231, 1997.

NOROJONO, O.; YOUNG, W. A Stated Preference Freight Mode Choice Model. **Transportation Planning and Technology**, v. 26, n. 2, p. 195-212, 2003.

NUZZOLO, A.; COMI, A. **A system of models for the assessment of city logistics policies**. Proceedings of the 4th National Urban Freight Conference (NUF), 2011.

NUZZOLO, A.; COMI, A. **Direct Effects of City Logistics Measures and Urban Freight Demand Models. Sustainable Urban Logistics: Concepts, Methods and Information Systems Part of the series EcoProduction**, p. 211-226, 2014.

OGDEN, K. W. **Urban Goods Movement: A Guide to Policy and Planning**. Ashgate Pub, 1992.

OLIVEIRA, L. K. **Modelagem para avaliar a viabilidade da implantação de um sistema de distribuição de pequenas encomendas dentro dos conceitos de city logistics**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2007.

ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L.G. **Modelling Transport**, 4 ed. Wiley, NY, 2011.

PEREIRA, A. C. C.; SOUZA, A. A. **Análise da Preferência dos passageiros quanto ao**

modo de transporte para o acesso ao aeroporto internacional Tancredo Neves, em Confins/MG. In: Anais do XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET, Belém, Pará, 2013.

PERMAIN, D.; SWANSON, J. K.; BRADLEY, M. **Stated Preference Techniques: A Guide To Practice.** Steer Davies Gleave and Hague Consulting Group, 1991.

PRATA, B. A.; Arruda, J. B F. **Avaliação do Transporte de Cargas na cidade de Fortaleza sob o enfoque da logística urbana: diagnóstico e proposição de intervenções.** In: Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET, Rio de Janeiro, 2007.

PUCKETT, S. M.; HENSHER, D. A. The role of attribute processing strategies in estimating the preferences of road freight stakeholders. **Transportation Research Part E**, v. 44, p. 379–395, 2008.

REIS, V. Analysis of mode choice variables in short-distance intermodal freight transport using an agent-based model. **Transportation Research Part A**, v. 61, p. 100-120, 2014.

RICH, J.; HOLMLBLAD, P. M.; HASEN, C. O. A weighted logit freight mode-choice model. **Transportation Research Part E**, n. 45, p. 1006-1019, 2009.

ROBERTS, P.O. **The Logistics Management Process as a Model of Freight Transport Demand.** Presented at the International Symposium on Freight Traffic Models, Amsterdam, The Netherlands, 1971.

ROMÁN, C.; ARENCIBIA, A. I.; FEO-VALERO, M. A latent class model with attribute cut-offs to analyze modal choice for freight transport. **Transportation Research Part A**, v. 102, p. 212-227, 2017.

SAMIMI, A.; KAWAMURA, K.; MOHAMMADIAN, A. A behavioral analysis of freight mode choice decisions. **Transportation Planning and Technology**, v. 34, n. 8, p. 857-869, 2011.

SANTOS JÚNIOR, J. B. S.; LIMA JÚNIOR, O. F.; NOVAES, A. G.; SCHOLZ-REITER, B.

A comparative analysis of supply network risk management techniques based on systematic literature review. In: Anais do XXV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2011.

SHELDON, Robert J. **Stated Preference: Design Issues, PTRC.** Course: Introduction to Stated Preference TECHNIQUES, 1991.

SHINGAL, N.; FOWKES, T. Freight Mode Choice and Adaptive Stated Preferences. **Transportation Research Part E**, n. 38, p. 367-378, 2002.

SILVA, T. **Análise da escolha modal binomial com base no modelo logit.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFU, Uberlândia, 2010.

SILVA, R. C. **Contribuição ao planejamento do transporte urbano de carga pela análise física do espaço urbano: estudo da área da Rua do Catete e Largo do Machado do Rio de Janeiro.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, Rio de Janeiro, 2012.

SIMECEK, M.; DUFEK, J. A freight modal shift model for Slovakia. **Transport Research Procedia**, v.14, p. 2814-2819, 2016.

SINAY, M. C. F.; CAMPOS, V. B. G.; DEXHEIMER, L.; NOVAES, A. G. **Distribuição de carga urbana: componentes, restrições e tendências.** Rio de Transportes II. Disponível em: <[http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(16\)CargaUrban.pdf](http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(16)CargaUrban.pdf)>, Acesso em 15 dez. 2016.

SOUZA, O. A. **Delineamento experimental em ensaios fatoriais utilizados em preferência declarada.** Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 1999.

STANTON, M. A.; SENNA, L. Aplicação de QFD e preferência declarada no transporte de cabotagem. **Transportes**, v. XI, n. 1, p. 43-52, 2003.

STEFAN, K. J.; McMILLAN, J. D. P.; HUNT, J. D. Urban Commercial Vehicle Movement Model for Calgary, Alberta, Canada. **Journal of Transportation Engineering**, n. 1921, p. 1-10, 2005.

TRAIN, K. E. **Discrete Choice Methods with Simulation**. Cambridge University Press. New York, New York, 2003.

WANG, Q.; HOLGUÍN-VERAS, J. Investigation of Attributes Determining Trip Chaining Behavior in Hybrid Microssimulation Urban Freight Models. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 2066, p. 1-8, 2008.

WANG, Q.; HOLGUÍN-VERAS, J. **Tour-Based Entropy Maximization Formulations of Urban Commercial Vehicle Movements**. Apresentado no 18th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Hong Kong, 2009.

WANG, Q.; HU, J. Behavioral Analysis of Decisions in Choice of Commercial Vehicular Mode in Urban Areas. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 2269, p. 58-64, 2012.

WITLOX, F.; VANDAELE, E. Determining the Monetary Value of Quality Attributes in Freight Transportation Using a Stated Preference Approach. **Transportation Planning and Technology**, v. 28, n. 2, p. 77-92, 2005.

ZHANG, B.; YAO, T.; FRIESZ, T. L.; LIU, H. **Urban Freight Transportation Planning: A Dynamic Stackelberg Game-Theoretic Approach**. Presented at the 4th International Conference on Computational Logistics, Copenhagen, Denmark, 2012.

ZIONI, S. M. **Espaços de carga na região metropolitana de São Paulo**. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo, 2009.

APÊNDICE A – METODOLOGIA DE REVISÃO SISTEMÁTICA (MSR)

A MSR é uma metodologia rigorosa, usualmente utilizada na área da saúde, que visa identificar estudos sobre um determinado assunto (DE LA TORRE-UGARTE-GUANILO *et al.*, 2011). Este método difere das análises tradicionais por adotar um processo replicável, científico e transparente que garante precisão, integridade e qualidade dos resultados (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2011). Sua implementação segue cinco passos básicos:

- a) Definição do problema de pesquisa: o problema de pesquisa deve ser definido baseado na busca extensiva da literatura.
- b) Definição da estratégia de pesquisa: a estratégia de pesquisa terá como horizonte de busca 25 anos, reconhecendo que esse período proporciona uma pesquisa do estado da arte consistente. A partir disso, a pesquisa deve ser conduzida a partir do título, resumo e palavras-chaves de modo a englobar o problema identificado na etapa anterior. Os meios de pesquisas devem ser plataformas reconhecidas por possuírem trabalhos qualificados, as quais serão: Emerald, Google Acadêmico, Science Direct e Scopus.
- c) Definição de critérios de inclusão ou exclusão do trabalho: caso a estratégia de pesquisa adotada anteriormente não resulte em um número considerável de artigos (pelo menos 20), o texto do artigo também deve ser considerado na busca. Além disso, deve-se retirar o tempo limite.
- d) Seleção dos artigos: todos os artigos encontrados até esta etapa devem ser analisados por meio do resumo do mesmo. Se o resumo do artigo mostrar que o trabalho se trata do assunto do problema da pesquisa, o mesmo deve ser selecionado.
- e) Análise dos artigos selecionados: todos os artigos selecionados devem ser lidos por completo a fim de compreender o universo do problema de pesquisa identificado em princípio. A partir disso, as informações mais relevantes devem ser extraídas e analisadas.

- **O problema de pesquisa**

Na primeira etapa do MSR, o problema de pesquisa “Quais os principais atributos que influenciam a escolha do veículo comercial para o transporte urbano de cargas?” foi estabelecido baseado na revisão da literatura sobre os atributos para a escolha modal.

- **A estratégia de pesquisa**

Na segunda etapa do MSR, foi definida a estratégia de pesquisa. O termo “Atributos para a escolha do modo de transporte de carga (Attributes in Freight Transport Mode Choice) foi pesquisado em 4 bases (Emerald, Google Acadêmico, Science Direct e Scopus). O horizonte de tempo definido foi de 25 anos, de 1992 até 2017 (este ano). A pesquisa foi conduzida por título, resumo e palavras-chaves dos artigos. Por meio destes critérios, foram encontrados 4 artigos (1 no Emerald, 2 no Google Acadêmico e 1 no Science Direct), sendo: Matear e Gray (1993), Cullinane e Toy (2000), Witlox e Vandaele (2005) e Kim *et al.* (2017).

- **Critério para inclusão de trabalhos**

A fim de encontrar outros trabalhos sobre os atributos considerados na escolha do modo de transporte de carga, a estratégia de pesquisa foi mudada conforme a seguir: em adição ao título e resumo, o texto do artigo também foi considerado e retirou-se o tempo limite de 25 anos, resultando em 54 artigos (Tabela 29).

Tabela 29 – Quantidade de trabalhos encontrados na pesquisa

Critério de pesquisa	Base de dados				Total
	Emerald	Google Acadêmico	Science Direct	Scopus	
Título e resumo	1	2	1	0	4
Texto completo	1	33	10	6	50

Foram lidos o resumo de cada um desses 54 artigos e aqueles que não cumpriram os critérios da pesquisa foram excluídos, resultando em 27 artigos (Tabela 30).

Tabela 30 – Quantidade de trabalhos encontrados por país e por ano

País	Ano																	Total		
	Até 99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	
Inglaterra	3	1												1					5	
Estados Unidos	3			1										1					5	
Irlanda	1																		1	
Coreia do Sul	1																		1	
França	1																		1	
China		1		1															2	
Brasil		1			1												1		3	
Indonésia					1														1	
Bélgica						1													1	
Austrália	1									1									2	
Dinamarca											1					1			2	
Espanha																	1		1	
Nova Zelândia																		1	1	
Eslováquia																	1		1	
Total	10	3	0	2	2	0	1	0	0	1	1	0	0	2	0	1	2	1	1	27

A próxima etapa da análise consiste em analisar a relevância dos 27 trabalhos encontrados por meio da avaliação dos fatores de impacto (SJR) e (SNIP) de seus periódicos pela base de dados Scopus (Tabela 31).

Tabela 31 – Fatores de impacto dos periódicos encontrados

Periódico	SJR	SNIP
Journal of Transportation Economics and Policy	0.993	-
Journal of Transportation Engineering	0.627	0.970
Journal of Agricultural Economics	0.948	1.355
European Transport - Trasporti Europei	0.284	0.479
Transport Research Procedia	-	0.442
Transportation Planning and Technology	0.494	0.767
Transportation Research Part A	1.810	1.733
Transportation Research Part E	2.095	1.834

Periódico	SJR	SNIP
Transportation Research Record	0.474	0.442

- **Seleção dos artigos**

Nesta etapa, foi realizada a seleção dos artigos obtidos na revisão. Somente os trabalhos que abordam os atributos considerados para a escolha modal foram considerados, a partir da leitura do resumo. Desse modo, 24 trabalhos foram selecionados para serem lidos por completo (Cook, 1964; Roberts, 1971; Azzam e Linsenmeyer, 1987; D'est e Meyrick, 1989; Matear e Gray, 1993; Nam, 1997; Abdelwahab, 1998; Jiang *et al.*, 1999; Allen *et al.*, 2000; Cullinane e Toy, 2000; Camargo, 2000; Shingal e Fowkes, 2002; Holguín-Veras, 2002; Norojono e Young, 2003; Witlox e Vandale, 2005; Puckett e Hensher, 2008; Rich *et al.*, 2009; Cherrett *et al.*, 2012; Wang e Hu, 2012; Abate e Jong, 2014; Arencibia *et al.*, 2015; Simecek e Dufek, 2016; Kim *et al.*, 2017).

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO EXPLORATÓRIO

A presente pesquisa acadêmica tem como objetivo identificar os principais atributos considerados na escolha de um veículo comercial para a entrega de cargas urbanas no Brasil. Este trabalho está sendo desenvolvido pela estudante de mestrado Larissa Batista do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará sob a orientação do professor Bruno Bertoncini. Este documento visa obter as percepções dos participantes, em termos agregados, sem que suas percepções individuais ou da respectiva empresa sejam divulgadas.

1. Seu cargo (função na empresa):

- Analista
- Supervisor
- Coordenador
- Gerente
- Diretor
- Outro (especifique): _____

2. Regiões do Brasil em que a empresa opera (pode informar mais de uma Região):

- Norte
- Nordeste
- Centro-Oeste
- Sudeste
- Sul

3. Cidade em que a empresa (ou matriz, se houver mais de uma base) está localizada:

*4. A empresa realiza mais de 5 entregas (ou coleta) por dia em área urbana?

- Sim
- Não

*5. A empresa possui mais de um tipo de veículo de carga para realizar suas entregas? (São tipos de veículos: VUC, toco, truck, carreta, caminhonete, motocicleta, carro de passeio,

kombi, etc.).

- Sim
- Não

*6. Quais os principais setores de atuação da empresa? Pode marcar mais de uma opção.

- Produtos alimentícios
- Higiene pessoal e limpeza
- Material escolar e de escritório
- Acessórios para casa
- Automotivo e autopeças
- Vestuário e acessórios
- Material para construção
- Produtos farmacêuticos e/ou hospitalares
- Bebidas
- Eletroeletrônico e/ou tecnologia
- Energia/combustível
- Construção (civil, naval, etc)
- Outro: _____

*7. Número total de funcionários da empresa

- Menor que 10
- De 10 a 49
- De 50 a 99
- Maior que 100

*8. Sabe-se que muitas vezes é difícil escolher qual veículo deve ser utilizado em determinada entrega, principalmente quando se tem uma considerável variedade de veículos de carga disponível. Com isso, para o problema da escolha do veículo a ser utilizado na entrega de carga urbana, indique o grau de importância dos seguintes atributos para essa tomada de decisão. (1 - Atributo não considerado, 7 - Atributo muito considerado).

Atributo	1	2	3	4	5	6	7
Número de entregas realizadas numa viagem							
Distância total percorrida							
Número de paradas durante a entrega							
Diversidade de áreas visitadas (área urbana, suburbana, centro)							
Tipo de mercadoria a ser transportada							
Variedade de mercadorias transportadas							
Volume da mercadoria							
Existência de zona de							
Local adequado para carga/descarga							
Condições da via de acesso para entrega (estreita, etc)							
Exigência quanto ao tamanho do veículo							
Tipo de combustível (diesel, gás, outro)							
Idade do veículo							
Custo de operação do veículo (R\$/ton)							
Capacidade do veículo							

9. Para o problema da escolha do veículo a ser utilizado no transporte urbano, ordene os atributos relacionados à **viagem**: (1= o mais importante, 2= o segundo mais importante, etc).

- Diversidade de áreas visitadas numa viagem (zona central da cidade, zona mais periférica)
- Distância percorrida em uma viagem
- Existência de local adequado para carga/descarga
- Número de entregas/coletas realizadas numa viagem
- Existência de zonas de proibições à circulação de veículos de carga
- Condições de acesso para entrega (largura, tipo de pavimento, alto fluxo de veículos, etc.)

2.1.1.1 **10.** Para o problema da escolha do veículo a ser utilizado no transporte urbano, ordene os atributos relacionados à **mercadoria**: (1= o mais importante, 2= o segundo mais importante, etc).

2.1.1.2

- Variedade de tipos de mercadoria
- Peso da mercadoria
- Tipo de mercadoria transportada
- Volume da mercadoria

2.1.1.3 **11.** Para o problema da escolha do veículo a ser utilizado no transporte urbano, ordene os atributos relacionados ao **veículo**: (1= o mais importante, 2= o segundo mais importante, etc).

- Tipo de combustível (diesel, gás)
- Exigência quanto ao tamanho do veículo utilizado
- Idade do veículo
- Custo de operação (R\$/tonelada)
- Capacidade do veículo (peso)

APÊNDICE C – PESQUISA DE PREFERÊNCIA DECLARADA

A presente pesquisa acadêmica tem como objetivo compreender a importância dos principais atributos considerados na escolha de um veículo para a entrega de cargas urbanas no Brasil. Este trabalho está sendo desenvolvido pela estudante de mestrado Larissa Batista do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará sob a orientação do professor Bruno Bertoncini, em parceria com a professora Leise de Oliveira da Universidade Federal de Minas Gerais. Este documento visa obter as percepções dos participantes, em termos agregados, sem que suas percepções individuais ou da respectiva empresa sejam divulgadas.

1. Seu cargo (função na empresa):

- Analista
- Supervisor
- Coordenador
- Gerente
- Diretor
- Outro (especifique): _____

2. Regiões do Brasil em que a empresa opera (pode informar mais de uma Região):

- Norte
- Nordeste
- Centro-Oeste
- Sudeste
- Sul

3. Cidade em que a empresa (ou matriz, se houver mais de uma base) está localizada:

4. Número total de funcionários da empresa

- Menor que 10
- De 10 a 49
- De 50 a 99
- Maior que 100

5. Quais os tipos de veículos disponíveis para realizar a entrega/coleta em áreas urbanas em sua empresa?

Furgão



Caminhonete



VUC



Toco



Truck



Outro: _____

6. Quais os principais setores de atuação da empresa? Pode marcar mais de uma opção.

- Produtos alimentícios
- Higiene pessoal e limpeza
- Material escolar e de escritório
- Acessórios para casa
- Automotivo e autopeças
- Vestuário e acessórios
- Material para construção
- Produtos farmacêuticos e/ou hospitalares
- Bebidas
- Eletroeletrônico e/ou tecnologia
- Energia/combustível
- Construção (civil, naval, etc)
- Outro: _____

7. Qual o número médio de clientes por parada?

- 1 cliente
- 2 clientes
- 3 clientes
- 4 clientes
- 5 clientes
- Outro: _____

8. Qual o número médio de entregas por rota?

- 1 a 10 entregas
- 11 a 20 entregas

21 a 30 entregas

31 a 40 entregas

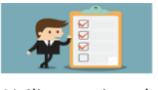
41 a 50 entregas

Outro: _____

Pesquisa de Preferência – Atributos Veículo

Imagine que é necessário escolher um veículo para realizar uma entrega em zona urbana (lembre-se das condições da via, congestionamentos e outras condições peculiares das zonas urbanas no Brasil). Nesse contexto, a seguir serão apresentados 4 cenários em cada pergunta que tratam de atributos veiculares e exigência do tipo de veículo por parte do cliente.

9. De acordo com sua preferência, ordene do melhor para o pior os cenários apresentados a seguir (1 = melhor cenário, 2 = segundo melhor cenário, etc.)

Cenário 1	Cenário 2
 <p>Não utilizar o tipo de veículo escolhido pelo cliente</p>  <p>Veículo com mais de 10 anos</p>  <p>Maior que um VUC</p>	 <p>Utilizar o tipo de veículo escolhido pelo cliente</p>  <p>Veículo com mais de 10 anos</p>  <p>VUC ou menor</p>
Cenário 3	Cenário 4
 <p>Não utilizar o tipo de veículo escolhido pelo cliente</p>  <p>Veículo com menos de 10 anos</p>  <p>VUC ou menor</p>	 <p>Utilizar o tipo de veículo escolhido pelo cliente</p>  <p>Veículo com menos de 10 anos</p>  <p>Maior que um VUC</p>

Cenário 1: _____

Cenário 2: _____

Cenário 3: _____

Cenário 4: _____

10. De acordo com sua preferência, ordene do melhor para o pior os cenários apresentados a seguir (1 = melhor cenário, 2 = segundo melhor cenário, etc.). Obs: estes cenários são diferentes da pergunta anterior.

Cenário 1	Cenário 2
 <p>Utilizar o tipo de veículo escolhido pelo cliente</p>  <p>Veículo com mais de 10 anos</p>  <p>Maior que um VUC</p>	 <p>Não utilizar o tipo de veículo escolhido pelo cliente</p>  <p>Veículo com menos de 10 anos</p>  <p>Maior que um VUC</p>
Cenário 3	Cenário 4
 <p>Não utilizar o tipo de veículo escolhido pelo cliente</p>  <p>Veículo com mais de 10 anos</p>  <p>VUC ou menor</p>	 <p>Utilizar o tipo de veículo escolhido pelo cliente</p>  <p>Veículo com menos de 10 anos</p>  <p>VUC ou menor</p>

Cenário 1: _____

Cenário 2: _____

Cenário 3: _____

Cenário 4: _____

Pesquisa de Preferência – Atributos da Viagem

Você já está bem próximo de concluir o questionário! Imagine que é necessário fazer uma entrega (ou coleta) para um cliente e você pode escolher as características da viagem. Para isso, serão apresentados 4 cenários em cada pergunta que abordam atributos da localização da entrega/coleta e cumprimento da programação.

11. De acordo com sua preferência, ordene do melhor para o pior os cenários apresentados a seguir (1 = melhor cenário, 2 = segundo melhor cenário, etc.).

Cenário 1	Cenário 2
 Com zonas de restrição	 Não existe regulamentação para local de carga e descarga
 Não consegue cumprir a programação	 Alto fluxo, faixas estreitas com buracos
Cenário 3	Cenário 4
 Sem zonas de restrição	 Existe regulamentação e vagas para carga e descarga
 Não consegue cumprir a programação	 Baixo fluxo e boa condição de pavimento

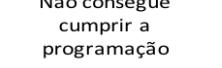
Cenário 1: _____

Cenário 2: _____

Cenário 3: _____

Cenário 4: _____

12. De acordo com sua preferência, ordene do melhor para o pior os cenários apresentados a seguir (1 = melhor cenário, 2 = segundo melhor cenário, etc.). Obs: estes cenários são diferentes da pergunta anterior.

Cenário 1	Cenário 2
 Sem zonas de restrição  Não consegue cumprir a programação	 Existe regulamentação e vagas para carga e descarga  Com zonas de restrição
 Não consegue cumprir a programação	 Não existe regulamentação para local de carga e descarga  Alto fluxo, faixas estreitas com buracos
 Não consegue cumprir a programação	 Consegue cumprir a programação

Cenário 3	Cenário 4
 Com zonas de restrição  Não consegue cumprir a programação	 Não existe regulamentação para local de carga e descarga  Baixo fluxo e boa condição de pavimento
 Não consegue cumprir a programação	 Sem zonas de restrição  Consegue cumprir a programação

Cenário 1: _____

Cenário 2: _____

Cenário 3: _____

Cenário 4: _____

13. De acordo com sua preferência, ordene do melhor para o pior os cenários apresentados a seguir (1 = melhor cenário, 2 = segundo melhor cenário, etc.). Obs: estes cenários são diferentes da pergunta anterior.

Cenário 1	Cenário 2
 Sem zonas de restrição	 Não existe regulamentação para local de carga e descarga
 Não consegue cumprir a programação	 Alto fluxo, faixas estreitas com buracos
Cenário 3	Cenário 4
 Com zonas de restrição	 Existe regulamentação e vagas para carga e descarga
 Não consegue cumprir a programação	 Baixo fluxo e boa condição de pavimento
 Sem zonas de restrição	 Não existe regulamentação para local de carga e descarga
 Consegue cumprir a programação	 Baixo fluxo e boa condição de pavimento

Cenário 1: _____

Cenário 2: _____

Cenário 3: _____

Cenário 4: _____

14. De acordo com sua preferência, ordene do melhor para o pior os cenários apresentados a seguir (1 = melhor cenário, 2 = segundo melhor cenário, etc.). Obs: estes cenários são diferentes da pergunta anterior.

Cenário 1	Cenário 2
 Com zonas de restrição	 Existe regulamentação e vagas para carga e descarga
 Não consegue cumprir a programação	 Sem zonas de restrição
 Alto fluxo, faixas estreitas com buracos	 Não existe regulamentação para local de carga e descarga
Cenário 3	Cenário 4
 Sem zonas de restrição	 Não existe regulamentação para local de carga e descarga
 Não consegue cumprir a programação	 Baixo fluxo e boa condição de pavimento
 Consegue cumprir a programação	 Com zonas de restrição
	 Existe regulamentação e vagas para carga e descarga
	 Baixo fluxo e boa condição de pavimento

Cenário 1: _____

Cenário 2: _____

Cenário 3: _____

Cenário 4: _____

APÊNDICE D – RESULTADOS DA PD NA CATEGORIA VIAGEM

Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
4 1 2 3	5 8 7 6	12 11 9 10	15 13 16 14
2 1 3 4	8 6 5 7	9 11 12 10	14 13 16 15
4 2 3 1	8 6 5 7	12 10 11 9	16 14 15 13
3 4 1 2	7 6 8 5	11 10 12 9	16 14 15 13
4 3 2 1	8 7 6 5	12 11 10 9	16 15 14 13
2 3 4 1	8 5 7 6	12 10 11 9	16 15 14 13
2 4 3 1	8 6 5 7	12 10 9 11	14 16 15 13
2 4 3 1	8 6 5 7	12 10 9 11	14 16 15 13
2 4 3 1	8 6 5 7	12 10 9 11	14 16 15 13
4 1 3 2	8 6 7 5	12 9 11 10	16 14 15 13
2 1 3 4	7 5 8 6	9 11 10 12	16 13 14 15
2 3 4 1	8 6 5 7	12 10 9 11	14 16 15 13
4 1 3 2	8 6 5 7	12 10 11 9	16 14 15 13
4 2 3 1	8 7 5 6	12 11 10 9	16 15 14 13
3 2 4 1	8 5 7 6	12 9 10 11	14 15 16 13
2 4 3 1	8 6 5 7	10 12 9 11	16 14 13 15
2 3 4 1	8 5 6 7	12 9 10 11	14 15 16 13
2 3 4 1	8 6 5 7	12 10 11 9	16 14 15 13
4 2 3 1	8 6 7 5	12 10 11 9	16 14 15 13
4 2 3 1	8 6 5 7	12 10 9 11	14 16 15 13
3 2 4 1	5 8 6 7	9 10 11 12	13 14 15 16
4 1 2 3	8 6 7 5	12 9 10 11	14 16 15 13
4 2 1 3	6 7 8 5	12 11 10 9	15 13 14 16
4 1 2 3	6 7 8 5	12 11 10 9	16 13 14 15
4 3 2 1	8 6 5 7	10 12 11 9	16 14 15 13
3 2 1 4	8 6 7 5	12 10 11 9	15 14 16 13
2 4 3 1	8 6 5 7	12 10 11 9	16 14 15 13
2 4 3 1	8 6 7 5	9 10 11 12	14 15 13 16
1 2 3 4	8 5 6 7	12 9 11 10	14 15 16 13
3 2 4 1	8 6 7 5	12 10 11 9	16 14 13 15
2 4 3 1	8 5 6 7	10 11 12 9	16 14 13 15
2 3 4 1	8 5 6 7	10 11 12 9	16 14 13 15
2 3 4 1	8 6 7 5	12 10 11 9	16 14 15 11
4 2 3 1	-	-	-

APÊNDICE E – RESULTADOS DA PD NA CATEGORIA VEÍCULO

Em vermelho, estão os dados que foram retirados na calibração por serem discrepantes.

Bloco 1	Bloco 2
4 2 1 3	8 7 6 5
4 3 2 1	6 5 8 7
3 2 4 1	8 7 6 5
1 2 3 4	5 6 7 8
4 3 2 1	8 7 6 5
4 2 3 1	8 5 6 7
1 3 2 4	8 5 7 6
4 3 2 1	8 6 5 7
4 3 2 1	5 6 7 8
4 2 3 1	6 7 8 5
1 3 2 4	6 5 7 8
3 2 4 1	8 6 7 5
3 4 2 1	5 7 8 6
3 4 2 1	8 6 7 5
3 4 2 1	8 6 7 5
2 1 3 4	8 5 6 7
3 2 4 1	8 6 5 7
4 1 2 3	5 6 7 8
4 3 2 1	8 6 5 7
3 1 4 2	6 7 8 5
2 3 1 4	7 8 5 6
4 3 1 2	7 8 6 5
4 2 3 1	6 8 7 5
4 2 1 3	8 7 6 5
1 2 3 4	8 6 7 5
1 2 3 4	8 7 6 5
2 4 3 1	8 5 7 6
4 2 3 1	6 5 7 8
4 3 2 1	8 7 6 5
1 2 3 4	8 6 7 5
2 3 4 1	8 7 5 6
2 1 3 4	5 6 7 8
3 1 4 2	6 7 5 8
3 2 4 1	6 7 5 8
2 3 4 1	8 5 6 7
2 3 4 1	8 6 7 5
1 2 3 4	-
4 2 3 1	-
1 3 4 2	-
4 3 2 1	-
4 2 1 3	-