

**METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DO
TRANSPORTE URBANO DE CARGA USANDO DADOS
DE DOCUMENTOS FISCAIS ELETRÔNICOS**

EDWIN FERNANDO MUÑOZ PIPICANO

**TESE DE DOUTORADO EM TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DO
TRANSPORTE URBANO DE CARGA USANDO DADOS DE
DOCUMENTOS FISCAIS ELETRÔNICOS

EDWIN FERNANDO MUÑOZ PIPICANO

ORIENTADORA: ADELAIDA PALLAVICINI
TESE DE DOUTORADO EM TRANSPORTES

PUBLICAÇÃO T.TD. – 003/2018
BRASÍLIA/DF: MAIO/2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE
URBANO DE CARGA USANDO DADOS DE DOCUMENTOS
FISCAIS ELETRÔNICOS

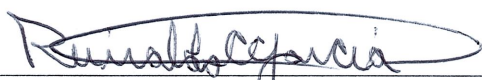
EDWIN FERNANDO MUÑOZ PIPICANO

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU
DE DOUTOR EM TRANSPORTES.

APROVADA POR:



Prof.ª Adelaida Pallavicini Fonseca, Dr.ª. (UnB)
(Orientadora)



Prof. Reinaldo Crispiniano Garcia, Dr. (UnB)
(Examinador Interno)



Evandro Manzano dos Santos, Dr. (SEF/DF)
(Examinador Externo I)



Prof. José Vicente Caixeta Filho, Dr. (ESALQ/USP)
(Examinador Externo II)

BRASÍLIA/DF: MAIO/2018

FICHA CATALOGRÁFICA

PIPICANO, EDWIN FERNANDO MUÑOZ

Metodologia para o planejamento do transporte urbano de carga usando dados de documentos fiscais eletrônicos. [Distrito Federal] 2018.

xiv, 144 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Doutor, Transportes, 2018).

Tese de Doutorado – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Transporte Urbano de Cargas | 2. Documentos fiscais Eletrônicos |
| 3. Urban Freight Transport | 4. Electronic Invoice |
| I. ENC/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PIPICANO, E. F. M. (2018) Metodologia para o planejamento do transporte urbano de carga usando dados de documentos fiscais eletrônicos. Tese de doutorado em Transportes. Publicação T.TD. – 003/2018, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 144 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Edwin Fernando Muñoz Pipicano

TÍTULO: Metodologia para o planejamento do transporte urbano de carga usando dados de documentos fiscais eletrônicos. Tese de doutorado em Transportes.

GRAU: Doutor

ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa Tese de Doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Edwin Fernando Muñoz Pipicano

Programa de Pós-Graduação em Transportes. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Anexo SG12, 1o andar, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Brasília, DF. CEP: 70910-900
oruatmp@gmail.com / oruatmp@hotmail.com

AGRADECIMENTOS

Inicialmente quero agradecer a Deus, porque Ele é tudo, está sempre iluminando todo o que acontece na minha vida e de forma especial me conduziu até aqui.

Agradeço à minha querida família, meus pais, Edith Carmenza Pipicano e Juvenal Muñoz, às minhas irmãs, Paola e Angela Marcela, por me encaminhar na direção dos estudos. À minha namorada Claudia pelo apoio, amor e compreensão ao longo de todo este tempo, ao Wilmer Pipicano pelas excelentes contribuições e ao William Pipicano pela discussões e aportes.

À minha orientadora, a professora Doutora Adelaida Pallavicini Fonseca, por encarar este desafio científico comigo. Obrigado pelas sugestões e direcionamentos, pelo exemplo ético, pessoal e profissional, pelo respeito, confiança, conselhos e amizade, fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço aos demais membros titulares de banca, professores José Vicente Caixeta Filho Reinaldo Crispiniano Garcia e Evandro Manzano dos Santos, por terem aceitado participar da avaliação e pelas excelentes contribuições dadas.

Aos professores, servidores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília – PPGT/UnB e funcionários de outras instituições como a Secretaria da Fazenda do Distrito Federal – SEFAZ, que contribuíram de uma ou outra forma, com minha formação ao longo dos anos de mestrado e doutorado. Em especial agradeço ao Rodrigo Rosa Cruvinel, o qual colaborou de maneira integral.

Às agências de fomento CAPES, CNPq e FAPDF, pelo apoio financeiro que possibilitou a realização da pesquisa. Ao Brasil, por ter me acolhido com amabilidade. OBRIGADO POR TUDO.

RESUMO

METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE URBANO DE CARGA USANDO DADOS DE DOCUMENTOS FISCAIS ELETRÔNICOS. TESE DE DOUTORADO EM TRANSPORTES

De acordo com a importância do Transporte Urbano de Carga - TUC e na tentativa de melhorar o entendimento deste sistema, o qual tem sido pouco estudado ao se comparar com o sistema de transporte de pessoas, o presente trabalho tem por objetivo usar os dados registrados nos documentos fiscais eletrônicos – DF-e, como fonte alternativa de qualidade e de baixo custo, para propor uma metodologia de planejamento do TUC.

Com esse intuito, inicialmente é fornecido um embasamento teórico sobre as técnicas de planejamento em transportes, conceitos gerais de planejamento e sua importância, modelos de transportes existentes e sua aplicabilidade e, em especial, a forma para a seleção, tratamento e preparação dos dados provenientes de documentos fiscais eletrônicos. Também, com a finalidade de revelar a importância e a necessidade em aprofundar o estudo do TUC, são abordados, no contexto do processo de planejamento em transportes, os principais obstáculos e erros na sua modelagem.

Após, trata-se sobre a metodologia proposta para o planejamento do TUC, usando os dados registrados nos documentos fiscais. Nesta pesquisa foi considerada a aplicação da metodologia proposta em um estudo de caso, usando os dados das Notas Fiscais Eletrônicas – NF-e emitidas no Distrito Federal, Brasil, e considerando somente os movimentos das mercadorias do tipo interno-internos.

Finalmente, conclui-se que a metodologia proposta aporta um insumo complementar que os planejadores e tomadores de decisões poderiam usar como um elemento no processo de planejamento do TUC. Adicionalmente, expõe-se o potencial, a qualidade e o baixo custo, que tem este tipo de fontes alternativas

RESUMEN

METODOLOGÍA PARA EL PLANEAMIENTO DEL TRANSPORTE URBANO DE CARGA USANDO DATOS DE FACTURAS ELECTRÓNICAS. TESIS DE DOCTORADO EN TRANSPORTES

De acuerdo con la importancia del Transporte Urbano de Carga – TUC y con el propósito mejorar el entendimiento de este sistema, el cual ha sido poco estudiado cuando se compara con el sistema de transporte de pasajeros, esta investigación tiene por objetivo utilizar los registros de los documentos fiscales electrónicos – DF-e, como fuente de datos alternativa, de calidad y de bajo costo, para proponer una metodológica de planeación del TUC.

Con ese objetivo, inicialmente es presentada la fundamentación teórica sobre las técnicas de planeación en transportes, conceptos generales de planeación y su importancia, modelos de transporte existentes y su aplicabilidad y en especial, la forma para la selección, tratamiento y preparación de los datos procedentes de documentos fiscales electrónicos. También, con la finalidad de mostrar la importancia y la necesidad profundizar el estudio del TUC, son abordados, en el contexto del proceso de planeación en transportes, los principales obstáculos e errores en su modelación.

En seguida, es presentada la metodología propuesta para la planeación del TUC, utilizando los datos de los documentos fiscales electrónicos. En este estudio fue considerada la aplicación de la propuesta metodológica con un estudio de caso, usando los datos de las Facturas Electrónicas – NF-e emitidas en el Distrito Federal, Brasil, y considerando solamente los movimientos de carga de tipo interno-interno.

Finalmente, se concluye que la metodología propuesta genera un insumo complementario que los planeadores y tomadores de decisión podrían usar como un elemento en el proceso de planeación del TUC. Adicionalmente, se muestra el potencial, la calidad y el bajo costo que este tiene este tipo de fuentes alternativas.

ABSTRACT

PLANNING METHODOLOGY FOR THE URBAN FREIGHT TRANSPORT USING DATA FROM ELECTRONIC TAX DOCUMENTS

According with a relative importance of Urban Freight Transport – UFT and the attempt to improve the knowledge about this system. It has been insufficiently researched when compared to transportation of passengers. The goal of this project is to use the registered data of electronic tax documents as an alternative resource of quality and low cost, to propose a planning methodology of UFT.

To do it, initially is provided the theoretical background about techniques of transport planning, approaching general terms about planning and its importance, current transport models and their applicability, and, in special, techniques for selection, treatment and preparation of data obtained from electronic tax documents. As well, with the purpose of reveal the importance and the needs to study this type of subject, the main obstacles and errors in the modeling into context of planning of transports are tackled.

Later, is presented the proposed methodology for planning of UFT using data from electronic tax documents. In this research, it was considered the application of this proposed methodology as a case study, using data reported in Electronic Invoice – NF-e issued in the Federal District, Brazil, and only considering internal-internal good movements into Federal District.

Finally, in conclusion, this methodology proposed brings a complementary input that planners and decision makers could use it as an integrated element in the planning process of UFT. Additionally, in this research is showed the big potential, quality and low cost of this alternative resource inside of planning process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Metodologia e estrutura da Tese.	26
Figura 2-1 Diagrama do conceito de planejamento.	28
Figura 2-2 Dimensões de análise no planejamento.....	29
Figura 2-3 Modelo clássico de quatro etapas.....	32
Figura 3-1 Estrutura de planejamento em transportes urbanos.....	38
Figura 3-2 Planejamento estratégico convencional.	38
Figura 3-3 Estrutura do processo de planejamento de transportes.	39
Figura 3-4 Estrutura para a tomada de decisão utilizando modelos.	39
Figura 3-5 Modelos baseados em mercadorias.....	42
Figura 3-6 Modelos baseados em viagens de veículos de carga.....	42
Figura 3-7 Esquema do TUC.	45
Figura 3-8 Viagem, ciclo de viagem e fluxo de carga.	46
Figura 3-9 Tipos de movimento de carga em uma área de estudo.....	47
Figura 4-1 Fluxo operacional da NF-e.....	60
Figura 4-2 Estrutura do banco de dados.	61
Figura 4-3 Representação do processo Crisp-DM.	64
Figura 4-4 Metodologia Crisp-DM adaptada para esta pesquisa.....	66
Figura 5-1 Metodologia proposta para o planejamento do TUC.	68
Figura 5-2 Estrutura do submodelo para o planejamento.	71
Figura 5-3 Regiões Administrativas do Distrito Federal.	77
Figura 5-4 Área de estudo – Distrito Federal.....	78
Figura 5-5 Participação por segmento, operações internas-externas.....	80
Figura 5-6 Distribuição média de entregas de veículos de carga por dia da semana.....	81
Figura 5-7 Produção de carga, NCM 22, período útil da semana.....	83
Figura 5-8 Destino de carga, NCM 22, período útil da semana.	84
Figura 5-9 Diagrama de dispersão NCM 22 Porte Especial.	85
Figura 5-10 Modelo linear grupo 1, empreendimentos de porte especial, NCM 22.	86
Figura 5-11 Modelo linear grupo 2, empreendimentos de porte especial, NCM 22.	86
Figura 5-12 Distribuição da participação na distribuição do segmento NCM 22.....	88
Figura 5-12 Linhas de desejo, período útil da semana.....	90
Figura 5-14 Principais grupos de distribuição (<i>Depots</i>) e os clientes (<i>Stops</i>), NCM 22.	91
Figura 5-15 Rotas segmento NCM 22, período útil da semana.....	93

Figura 5-16 Carregamento da rede viária, segmento NCM 22, período útil da semana.....	94
Figura 5-17 Novo ponto de consolidação e distribuição de carga (<i>Depots</i>).	97
Figura 5-18 Comparativo carregamento cenário base vs cenário 01.....	97
Figura A-6-1: Modelo de DANFE.....	115
Figura 6-2 Serviço individual	130
Figura 6-3 Serviço sucessivo	131
Figura 6-4 Produção de carga, NCM 22, sábado	132
Figura 6-5 Produção de carga, NCM 22, domingo.....	133
Figura 6-6 Destino de carga, NCM 22, sábado.....	134
Figura 6-7 Destino de carga, NCM 22, domingo.....	135
Figura 6-8 Linhas de desejo, sábado.....	139
Figura 6-9 Linhas de desejo, domingo.....	139
Figura A-6-10: Relação geográfica das publicações selecionadas	144
Figura A-6-11: Relação temporal das publicações selecionadas.....	144

LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1 Tipo de modelos de previsão de demanda de transporte.	31
Quadro 3-1 Diferenças na modelagem de passageiros e de carga.	49
Quadro 3-2 Modelos de TUC.	54
Quadro A-6-1: Campos selecionados da NF-e	114
Quadro A-6-2: Aplicação da metodologia de RSL.....	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1 Caracterização dos empreendimentos.....	72
Tabela 5-2 Amostra da consulta exportada para Excel.....	79
Tabela 5-3 Caracterização dos empreendimentos do DF (NCM 22).....	82
Tabela 5-4 Modelos de geração para empreendimentos especiais, segmento NCM 22	86
Tabela 5-5 Matriz O/D período útil da semana	89
Tabela 6-1 Matriz O/D Sábado	136
Tabela 6-2 Matriz O/D Domingo.....	137
Tabela A-6-3: Aplicação da metodologia de RSL.....	142
Tabela A-6-4: Relação artigos publicados por período e origem da publicação	143

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CATS	Estudo de transporte na área de Chicago
CEP	Código de endereçamento postal
CFOP	Código fiscal de operações e prestações
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
Crisp-DM	Cross-Industry Standard Process for Data Mining
CT-e	Conhecimento de transporte eletrônico
DATS	Estudo de transporte na área de Detroit
DF	Distrito Federal
DF-e	Documento fiscal eletrônico (engloba NF-e e Cadastro de contribuintes)
DANFE	Documento auxiliar de nota fiscal eletrônica
ENCAT	Encontro Nacional de Coordenadores e Administradores Tributários Estaduais
Kg	Quilogramas
NCM	Nomenclatura Comum do Mercosul, classifica os produtos nas NF-e
NF	Nota fiscal
NF-e	Nota fiscal eletrônica
O/D	Origem/Destino
RA's	Regiões administrativas
RFB	Receita Federal do Brasil
SIG	Sistema de informação Geográfica
SEFAZ	Secretaria da Fazenda
SEF-DF	Secretaria da Fazenda do Distrito Federal
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus
Ton	Toneladas
TUC	Transporte Urbano de Carga

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	18
1.2. OBJETIVOS	18
1.2.1. OBJETIVO GERAL.....	18
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.3. JUSTIFICATIVA	18
1.4. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	22
1.5. ESTRUTURA METODOLÓGICA DA TESE	23
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	24
1.7. CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA	25
2. ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO	27
2.1. CONCEITOS GERAIS DE PLANEJAMENTO E A IMPORTÂNCIA.....	27
2.2. PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES.....	30
2.3. MODELOS CLÁSSICOS DE TRANSPORTE	31
2.3.1. Erros na modelagem	33
2.3.2. Ferramentas computacionais orientadas à modelagem em transportes	34
3. PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE URBANO DE CARGA (TUC)	37
3.1. ESTRUTURAS PARA O PLANEJAMENTO DO TUC	37
3.2. TRANSPORTE URBANO DE CARGA – TUC.....	43
3.2.1. TUC: Objetivos.....	44
3.2.2. TUC: Atores e elementos envolvidos.....	44
3.2.3. TUC: Conceitos e definições.....	45
3.2.4. Diferenças entre o transporte de carga e de passageiros	47
3.3. MODELOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA	50
4. DOCUMENTOS FISCAIS ELETRÔNICOS – DF-e.....	56
4.1. DF-e PARA PLANEJAMENTO DO TUC.....	56
4.2. NOTA FISCAL ELETRÔNICA – NF-e.....	58
4.2.1. NF-e: Fluxo operacional	59
4.2.2. NF-e: Validação dos dados.....	61
4.2.3. NF-e: Restrições e limitações dos dados de NF-e	61
4.2.4. NF-e: Manutenção do sigilo fiscal.....	62
4.2.5. Dados complementares às NF-e	63
4.3. SELEÇÃO E PREPARAÇÃO DOS DADOS	64
4.3.1. Modelo Crisp-DM	64

4.3.2. Adaptação do Modelo CRISP-DM.....	65
5. METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DO TUC E APLICAÇÃO	67
5.1. METODOLOGIA PROPOSTA PARA O PLANEJAMENTO DO TUC.....	67
5.1.1. Fase 1 – Definição do objetivo de estudo.....	67
5.1.2. Fase 2 – Definição da área de estudo	67
5.1.3. Fase 3 – Identificação do período e dos segmentos de produtos para análise.....	69
5.1.4. Fase 4 – Análise da demanda de carga	70
5.1.5. Fase 5 – Carregamento da rede viária	75
5.1.6. Fase 6 – Criação e análise de cenários de avaliação.....	75
5.1.7. Fase 7 – Avaliação e análise dos resultados	76
5.2. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	76
5.2.1. Fase 1 – Definição do objetivo do estudo.....	76
5.2.2. Fase 2 - Definição da área de estudo	77
5.2.3. Fase 3 – Identificação do período e dos segmentos de produtos para análise.....	78
5.2.4. Fase 4 – Análise da demanda de carga	80
5.2.5. Fase 5 – Carregamento da rede viária	92
5.2.6. Fase 6 – Criação e análise de cenários de avaliação.....	92
5.2.7. Fase 7 – Avaliação e análise dos resultados	95
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	99
6.1. LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	100
6.2. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....	113
A. Campos selecionados da NF-e	114
B. Modelos de DANFE	115
APÊNDICE.....	116
C. Modelos de transporte convencionais	117
D. Metodologia do modelo heurístico de Clarke e Wright	130
E. Produções e atrações de carga	132
F. Matrizes Origem/Destino	136
G. Linhas de desejo.....	138
H. Revisão Sistemática da literatura.....	140

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo os problemas de transportes têm persistido em decorrência dos problemas atinentes aos congestionamentos, poluição, acidentes, infraestrutura e aumento da frota de veículos. Estes problemas, todavia, continuam sendo de igual ou de maior importância que no passado, surgindo como desafios a serem enfrentados num ambiente de mobilidade urbana (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). Nesse contexto, o planejamento em transporte apresenta-se como um instrumento para adequar as necessidades de transporte ao desenvolvimento de uma região conforme suas características específicas.

Na área urbana, a mobilidade é afetada tanto pela influência mútua da movimentação de pessoas quanto pela movimentação de carga. Segundo Ogden (1992) a movimentação de carga é uma parte essencial do transporte urbano, mas que tem sido pouco tratada com a importância que deveria ter dentro da dinâmica urbana. O transporte de carga, além de ser um elemento importante na economia, contribui com problemas inerentes às externalidades negativas relacionadas com a movimentação de mercadorias, em especial para o aumento da poluição, dos acidentes e do uso do espaço urbano (CNT, 2014; COMI et al. 2013; CUI et al. 2015; HOLGUÍN-VERAS e JALLER, 2014; NORDTØMME et al. 2015; OGDEN, 1992a; ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011; POURABDOLLAHI et al. 2012; TAVASSZY e De JONG, 2014a; WITLOX, 2007).

Concomitantemente, o estudo do Transporte Urbano de Cargas (TUC) apresenta-se de uma forma mais complexa que a de passageiros devido ao número de fatores envolvidos e à variedade de grupos de atores participantes, além dos conflitos que podem ser gerados no transporte da mercadoria e que podem afetar a mobilidade urbana. Nesse sentido, de forma geral Hutchinson (1974) expõe os principais problemas relacionados ao transporte que devem ser considerados no processo de planejamento de transporte urbano, fundamentalmente:

- Os impactos ambientais negativos;
- Desigualdade dos investimentos dos transportes sobre diversos grupos socioeconômicos;
- Variações de acessibilidade sobre as oportunidades oferecidas aos viajantes que não possuem veículos próprios para viajarem;

- Incertezas sobre como os investimentos de transportes são realizados, e o fato de que não são feitos sequencialmente ao longo dos anos; e,
- A relação entre os recursos financeiros exigidos pelos planos recomendados e os disponibilizados pelos setores públicos.

De forma complementar Ogden (1992a) expõe a complexidade e heterogeneidade particular do TUC, devido aos atores e elementos envolvidos e, apresenta as diferentes formas de perceber os problemas, cujas visões estão sintetizadas a seguir:

- O motorista do veículo particular vê o caminhão como o responsável pelo ruído na rua e observa as áreas dedicadas para embarque/desembarque de cargas como espaços mortos, em um ambiente urbano marcado por escassas áreas para estacionamento.
- O lojista reconhece o valor dos bens transportados pelos veículos de carga, mas rejeitam o espaço utilizado no embarque/desembarque, pois esse espaço poderia ser usado como estacionamento pelos possíveis clientes.
- O motorista particular considera os veículos pesados lentos, e um obstáculo ocupando espaço a ser ultrapassado.
- O fornecedor vê os veículos particulares como os responsáveis pelos congestionamentos, o que afeta diretamente os custos de operação.
- O pedestre vê os veículos de carga como os geradores de ruído e poluição.
- O engenheiro gestor de pavimentos vê os veículos de carga como os principais responsáveis pela deterioração das vias.
- O engenheiro de projeto geométrico considera o veículo de carga como o elemento usado para projetar a sinalização e interseções viárias, além de zonas de embarque/desembarque.
- Para o profissional encarregado do planejamento o problema diário está em fornecer condições adequadas nas vias e zonas de embarque/desembarque de cargas.

De acordo com o exposto, compreende-se que para o desenvolvimento de um planejamento estratégico do TUC é necessário um alinhamento entre os atores envolvidos, de forma a observar os efeitos da movimentação de carga na estrutura urbana e a suas consequências na mobilidade e na economia da região.

Os autores Comi et al. (2013); Crainic et al. (2004); Dutra (2004); Lindholm e Blinge (2014); Macário (2013); Nordtømme et al. (2015); Visser et al. (1999); e, Ortúzar e Willumsen (2011) apresentam o congestionamento, a poluição, a segurança e a intrusão como os principais problemas ou externalidades negativas, e como fatores chave a serem considerados no desenvolvimento do planejamento, de políticas e de medidas para o TUC.

Verifica-se então a vasta amplitude de problemas e as diferentes perspectivas associadas com o TUC. Buscando sintetizá-los, Ogden (1992a) sugere caracterizar esses problemas em três áreas: desenvolvimento econômico, eficiência do transporte e a mitigação dos impactos negativos. Já Macário (2013) apresenta as dificuldades que o TUC tem que enfrentar: os congestionamentos; problemas relacionados com as políticas de transporte (restrições de acesso); problemas no momento de estacionar, embarque/desembarque; e, os problemas relacionados no ato da entrega no cliente ou recebedor da mercadoria. Ortúzar e Willumsen (2011), sugerem a necessidade de estudar este fenômeno de forma que contribua nos esforços de melhorar a mobilidade urbana e potencializar o desenvolvimento econômico das regiões.

Neste contexto, as entidades encarregadas do planejamento urbano têm realizado grandes esforços para executar as melhores práticas em relação às metodologias e técnicas na área do planejamento de transporte (SCT et al. 2006). Na atualidade, os planejadores dispõem de uma variedade de ferramentas para auxiliar no processo de tomada de decisão. Uma das principais ferramentas é a modelagem que, segundo Ogden (1992), é um processo importante utilizado pelos engenheiros e planejadores para apoiar a tarefa de estimar a demanda de viagens, seus impactos, e a elaboração de propostas de uso de solo e mudanças no sistema de transporte.

Entretanto, a modelagem em TUC é vista atualmente como um processo difícil devido à sua complexidade (HOLGUÍN-VERAS et al. 2013; HANCOCK, 2008) e, notadamente, ao alto custo em obter dados dispersos entre diferentes atores que, ao mesmo tempo, resistem em fornecê-los (De JONG et al. 2016).

Nesta perspectiva, o presente trabalho estuda um conjunto de elementos e técnicas em modelagem de transportes e propõe uma metodologia que usa dados públicos de modo

abrangente, atualizado e de baixo custo, existentes nos chamados documentos fiscais eletrônicos – DF-e para ser utilizada no processo de planejamento do TUC.

1.1. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Dentre os principais insumos para a elaboração de metodologias de planejamento urbano, que considere as particularidades do TUC, está a coleta de dados. No entanto, devido ao elevado gasto de recursos e tempo destinado à esta atividade de levantamento, surge a problematização do estudo: *como elaborar uma metodologia para o planejamento do TUC que utilize dados registrados nos documentos fiscais eletrônicos – DF-e?*

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Propor uma metodologia para o planejamento do TUC, usando os dados registrados nos DF-e, de forma que contribua no processo de tomada de decisões e na avaliação de políticas ou medidas de transporte na área urbana.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma análise crítica dos diversos procedimentos existentes na literatura para planejamento de transporte urbano.
- Analisar os modelos existentes do TUC no âmbito dos modelos clássicos de transporte.
- Identificar e/ou criar metodologias aplicáveis à proposta da metodologia de planejamento do TUC.
- Aplicar a metodologia proposta no Distrito Federal.
- Expor o potencial dos dados fornecidos pelos registros dos DF-e.

1.3. JUSTIFICATIVA

Com o crescimento da população e o aumento da migração para áreas urbanas, a demanda de bens e serviços tem sofrido mudanças que se refletem nas viagens de veículos de distribuição urbana de carga (ANAND et al. 2015), ocasionando impactos na economia e externalidades negativas inerentes à sua movimentação.

Estudos revelam que o 13,2% do orçamento de cada grupo familiar é gasto no transporte de mercadorias e serviços. Por outro lado, o custo logístico, incluído transporte e

armazenamento, representa entre 10 – 15% do valor final do produto. Outro dado importante é o custo gerado pelos congestionamentos que, na Europa estima-se que representa o 1% do Produto Interno Bruto – PIB (ECM&T, 2016).

Segundo Ogden (1992a) e Macário (2013) o fluxo de veículos de carga representa entre 6% a 15% do fluxo de tráfego urbano e, as emissões poluentes em área urbana geradas por esta atividade estão entre 16% a 50% (THOMPSON, 2015). No contexto do Brasil, a ocupação da via pelo TUC chega a representar cerca de 20% da ocupação de veículos particulares. Ademais, este sistema de transporte é responsável pelo 60% das emissões poluentes nas áreas urbanas (OLIVEIRA et al. 2010).

A movimentação de mercadorias é parte essencial do transporte urbano, mas que na realidade tem sido tratado em segundo plano. Segundo o relatório consolidado por Macário (2013) a geração de carga na área urbana apresenta números expressivos: 0,1 envios ou entregas são feitas por pessoa/dia; 1 envio ou entrega ocorre por trabalho/semana; entre 300 e 400 viagens de veículos de carga são feitas por 1000 pessoas/dia; e, entre 30 a 40 toneladas de carga são transportadas por pessoa/ano.

No contexto nacional, segundo a Confederação Nacional de Transporte – CNT, aproximadamente 61,1% das movimentações de carga são realizadas por modal rodoviário (CNT, 2014)¹. Na área urbana essa estimativa de participação do TUC é complexa, devido à variedade das configurações e características das cidades brasileiras.

Existem diversos problemas decorrentes da movimentação de carga na área urbana que precisam ser analisados, bem como várias formas para analisar e avaliar esse fenômeno. Dentre elas está a previsão da demanda futura, que é a possibilidade de predizer o uso de novas infraestruturas, que se constitui um fator importante para a tomada de decisões de fornecimento ou não dessas estruturas (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). Igualmente, Gonçalves (1992) trata da necessidade de compatibilizar as características do sistema de transportes com os padrões da demanda de viagens, durante o período de tempo

¹ Na Europa, estima-se que o 10% do tráfego urbano é devido a movimentação de cargas, considerando somente caminhões de 3,5 toneladas. Caso se considere outros tipos de veículos, como vans, essa participação tende a ser muito mais alta (PORTAL, 2003).

correspondente ao horizonte do planejamento adotado, tornando-se de caráter importante para a mobilidade urbana.

O transporte urbano de carga – TUC, como tema de pesquisa, aparece com o propósito de gerar iniciativas que permitam minimizar os custos sociais totais, os impactos negativos e colaborar no fortalecimento da economia da região. Nesse contexto, a modelagem do TUC permite analisar a dinâmica das atividades na área urbana. No entanto, é importante ressaltar que, segundo Ortúzar e Willumsen (2011) a modelagem do transporte não é o planejamento do transporte, mas sim uma ferramenta que serve como insumo de apoio na tomada de decisões. Por sua vez, um modelo é uma representação simplificada da realidade utilizada para obter um maior entendimento conceitual acerca desta realidade, reduzindo sua variedade e a complexidade a níveis compreensíveis e de forma adequada para as análises.

O processo de planejamento de transportes utiliza uma série de modelos com o intuito de modelar e prever a demanda, modelar a oferta de transporte, modelar o equilíbrio de mercado e de tráfego, modelar os impactos, dentre outros. Os modelos de transporte procuram dentro de suas aplicações prever a demanda de viagens em uma determinada área, baseados não apenas em padrões de comportamentos atuais, mas também em situações diversas relativas à população e aos sistemas de transporte. Assim, a relação entre o fornecimento e a efetividade de alternativas no planejamento de transporte, tem dependência com o conhecimento acerca do comportamento dos atores e elementos envolvidos (CAO e MOKTARIAN, 2005).

Em geral, para a obtenção de dados úteis que apoiem o entendimento e a modelagem do sistema de transporte, são realizados procedimentos de coleta de dados aplicando diferentes técnicas que variam de acordo com a representatividade da amostra e o alvo específico do estudo. Segundo Ortúzar e Willumsen (2011) a coleta desses dados não é uma tarefa simples e requer ampla experiência e habilidade, pois existem vários fatores que influenciam na qualidade desses. Ademais, o autor afirma que normalmente este tipo de levantamento representa a maior rubrica do orçamento e tempo em um projeto (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

Holguín-Veras et al. (2010), no contexto do TUC, demonstra esse elevado custo para uma amostra envolvendo a cidade de Nova York, e exemplifica que o custo para a obtenção de

dados relacionados com a geração de carga e ciclo de viagens está entre US\$2 milhões e US\$7,4 milhões².

É importante ressaltar que a fonte principal para utilizar modelos para o TUC, são os dados sobre fluxos de cargas e veículos obtidos por meio de pesquisas de campo, e onde se busca identificar a iteração das viagens como a oferta e demanda de mercadorias na área de estudo. Porém, pelos motivos expostos anteriormente, normalmente são realizadas contagens amostrais que podem gerar falhas no momento de interpretar aspectos importantes como a multimodalidade, viagens encadeadas e estruturas logísticas (TAVASSZY e De JONG, 2014b).

Além dos altos custos, há também dificuldades como as limitadas oportunidades que se tem para realizar este tipo de coleta de dados tais como as entrevistas, que normalmente são realizadas nas margens das rodovias e em espaços reduzidos (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). Percebe-se portanto, que o maior desafio no planejamento e modelagem de um sistema de transporte é a coleta de dados. Um problema difícil de resolver pelas limitações orçamentárias das prefeituras e órgãos gestores.

Nessa perspectiva, o trabalho desenvolvido por Santos (2015) apresenta um avanço importante na procura de fontes de dados alternativas, que possam ser aproveitados na modelagem de transporte urbano de carga. Esse trabalho demonstrou que os dados extraídos, tratados e organizados da nota fiscal eletrônica – NF-e tem potencial para serem utilizados no entendimento e modelagem do TUC, pois apresentam baixo custo na sua obtenção e significativa abrangência e atualização das informações.

Primeiro porque a NF-e, já é um documento oficial do governo federal para arrecadar impostos e sua obrigatoriedade faz que o universo de embarcadores, agenciadores e transportadores adequadamente forneçam informações relevantes na movimentação de carga. Segundo, a NF-e forma um banco de dados fidedigno, que é alimentado pelos próprios contribuintes sem maiores ônus para o Estado. Isso faz que esse banco de dados apresente

² No trabalho de Holguín-Veras et al. (2010) são apresentadas tabelas com a estimativa do custo unitário para cada uma das diferentes alternativas e tamanhos de amostras. A pesquisa abrange o transporte de carga na região metropolitana de Nova Iorque.

informações atualizadas em tempo real de uma série de dados, dentro deles de movimentação de carga, que podem preencher esse vazio existente de dados para a modelagem do TCU.

Esse grande potencial foi descoberto por Santos (2015) depois de estudar detidamente as NF-e, passando a ser motivo da sua pesquisa de Tese. Ele chegou a desenvolver uma técnica para extrair dados relativos a transporte da NF-e, e demonstrou o alto potencial que esse banco de dados da NF-e tem para o estudo do TUC. A NF-e, é um banco de dados sistêmico, atualizado em tempo real com dados confiáveis de um universo de contribuintes que movimentam mercadorias de diversos origens a diversos destinos, que já existe e é gerado pela Receita Federal. Com todo esse potencial, os pesquisadores e tomadores de decisão do transporte de carga em geral, seja regional ou urbano, não precisam em investir em coleta de dados ou em realizar amostragem de dados sobre esse setor, porque o sistema apresenta esse universo de dados.

Como tudo bando de dados, principalmente da Receita Federal, apresenta dados confidenciais que não podem ser disponibilizados abertamente para o público, no entanto, podem ser criados mecanismos para que as informações relativas a transporte sejam disponibilizadas aos tomadores de decisão e analistas do TUC.

Essa pesquisa vem a dar continuidade ao trabalho de Santos (2015) no sentido de demonstrar que esses dados podem ser utilizados no planejamento do TUC. Para isso foi desenvolvido uma metodologia para realizar esse processo de planejamento do TUC tendo como base os dados da NF-e. Dessa forma, demonstra-se a originalidade e ineditismo da pesquisa. Metodologia que pode ser utilizada em outras cidades e até em outros países.

1.4. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Nesta pesquisa, considerou-se somente os registros da movimentação de carga na área urbana com fluxos internos no Distrito Federal, sendo esta a área de estudo. Estes dados constituem parte do recurso obtido por Santos (2015), o qual está fundamentado nos dados de transações comerciais diretas com vendas de mercadorias informadas nas Notas Fiscais Eletrônicas – NF-e. Portanto, outras atividades relacionadas com o transporte de carga, como os serviços, não foram avaliadas. Conjuntamente, em concordância com as modalidades de transporte de carga, analisou-se exclusivamente o modal rodoviário, usualmente utilizado para o transporte das mercadorias na área urbana (De JONG, 2013). Além disso, usou-se a

classificação³ dos veículos fornecida nos dados cadastrais do documento fiscal eletrônico, descrita na Resolução nº 291/2008 do CONTRAN⁴.

1.5. ESTRUTURA METODOLÓGICA DA TESE

Esta seção descreve os procedimentos e ferramentas utilizados na elaboração do trabalho. Nesse sentido, esta metodologia está detalhada em cinco etapas, apresentadas na Figura 1-1.

Etapa 1 – Introdução, identificação do problema, pesquisa bibliográfica e aprofundamento do referencial teórico.

Na primeira etapa é realizada uma contextualização e identificação do problema. Na sequência, ocorre a revisão bibliográfica por meio da metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL⁵), base teórica para o desenvolvimento da pesquisa (Da SILVA et al. 2014; LOUREIRO et al. 2016) .

Etapa 2 – Requerimento e metodologia para tratamento dos dados.

Esta etapa focaliza a identificação dos dados necessários para o estudo, tanto das NF-e quanto de outras fontes. Além disso, são desenvolvidas a base teórica e a seleção das ferramentas a serem utilizadas na seleção, processamento e análises dos dados.

Etapa 3 – Desenvolvimento da proposta metodológica para planejamento do TUC.

Após a execução das fases anteriores, e a partir da exploração da estrutura dos dados do DF-e e da metodologia de extração elaborada por Santos (2015), propõe-se a metodologia para o planejamento do TUC.

Etapa 4 – Aplicação da metodologia proposta.

Com a definição da proposta, nesta fase aplica-se a metodologia proposta no Distrito Federal, Brasil. Inicialmente são realizadas a seleção, extração e preparação dos dados da área de estudo. Após, são fornecidos os insumos para o funcionamento das ferramentas computacionais selecionadas. É importante destacar que, para o processo de seleção e

³ Tipologia: Caminhão = 14; Caminhonete = 17; Caminhão trator = 13, Camionete = 4; Motocicleta = 6; Automóvel = 7; Micro-ônibus = 8; ônibus = 25; Utilitário = 5.

⁴ CONTRAN: Conselho Nacional de Trânsito.

⁵ Na fundamentação teórica foi aplicada a metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL). A aplicação desta metodologia nesta pesquisa está apresentada no Apêndice E.

tratamento dos dados, foi necessário utilizar metodologias de mineração de dados (*Data Mining*) para encontrar padrões ou associações úteis ao objetivo da pesquisa.

Etapa 5 – Análise e avaliação da metodologia proposta.

São analisados os resultados da aplicação da metodologia no Distrito Federal, e o potencial que os dados obtidos pelos DF-e tem para utilização nos estudos de TUC. Também, levanta-se as considerações sobre a aplicação da metodologia proposta e apresenta-se as recomendações e perspectivas para futuros estudos.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1: Este trabalho está estruturado em sete capítulos, contendo no capítulo 1, além desta introdução, a relação da organização dos capítulos.

Capítulo 2: Apresenta o referencial teórico sobre as técnicas de planejamento de transportes, modelos clássicos e as principais ferramentas comerciais utilizadas para modelagem em transportes no nível macro.

Capítulo 3: Além do referencial teórico relacionado com o planejamento de TUC, este capítulo apresenta os modelos que têm sido desenvolvidos especificamente para este tipo de sistemas de transporte. Consequentemente são apresentados os principais atores envolvidos na movimentação urbana de carga e os problemas inerentes às externalidades negativas desta atividade. Também é apresentada a importância que tem o transporte de carga na economia e o desenvolvimento de uma região.

Capítulo 4: A partir do embasamento teórico-conceitual e a pesquisa bibliográfica complementar, este capítulo apresenta o tipo e fonte de dados requeridos como insumos mínimos necessários para o desenvolvimento da pesquisa. Além disso, explora os dados contidos nos DF-e, bem como apresenta suas limitações, tais como a necessidade em manter o sigilo fiscal dos dados. Da mesma forma, apresenta a metodologia *Crisp-DM* e sua adaptação à pesquisa, para a seleção, tratamento e análise dos dados.

Capítulo 5: Em concordância com a metodologia de extração proposta por Santos (2015) e levando em conta algumas considerações iniciais, este capítulo apresenta a estruturação e definição da proposta metodológica para o planejamento do TUC, bem como sua aplicação

no Distrito Federal (DF). Também, apresenta os dados e os procedimentos utilizados na execução da proposta metodológica de planejamento do TUC. Consequentemente, este capítulo contém a avaliação e análise dos resultados obtidos na aplicação.

Capítulo 6: Este capítulo apresenta a avaliação e revisão da metodologia proposta. Além disso, consolida as conclusões da tese, as limitações e recomendações para trabalhos futuros.

1.7. CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho propõe um avanço sobre o trabalho de Santos (2015). Para isto, apresenta a revisão bibliográfica e os modelos atualmente desenvolvidos para o planejamento do TUC, além das dificuldades na obtenção de dados necessários para seu estudo.

Nesse contexto, esta pesquisa visa apresentar a viabilidade do tratamento dos dados das NF-e através da mineração de dados, e o potencial que esta fonte de dados alternativa tem para a criação de uma proposta metodológica de planejamento do TUC. Concomitantemente, demonstra a aplicação de metodologias de modelagem baseadas nos dados de DF-e o que, por sua vez, revela as vantagens do tipo de coleta via DF-e em relação aos métodos de pesquisa amostrais em campo usualmente realizados.

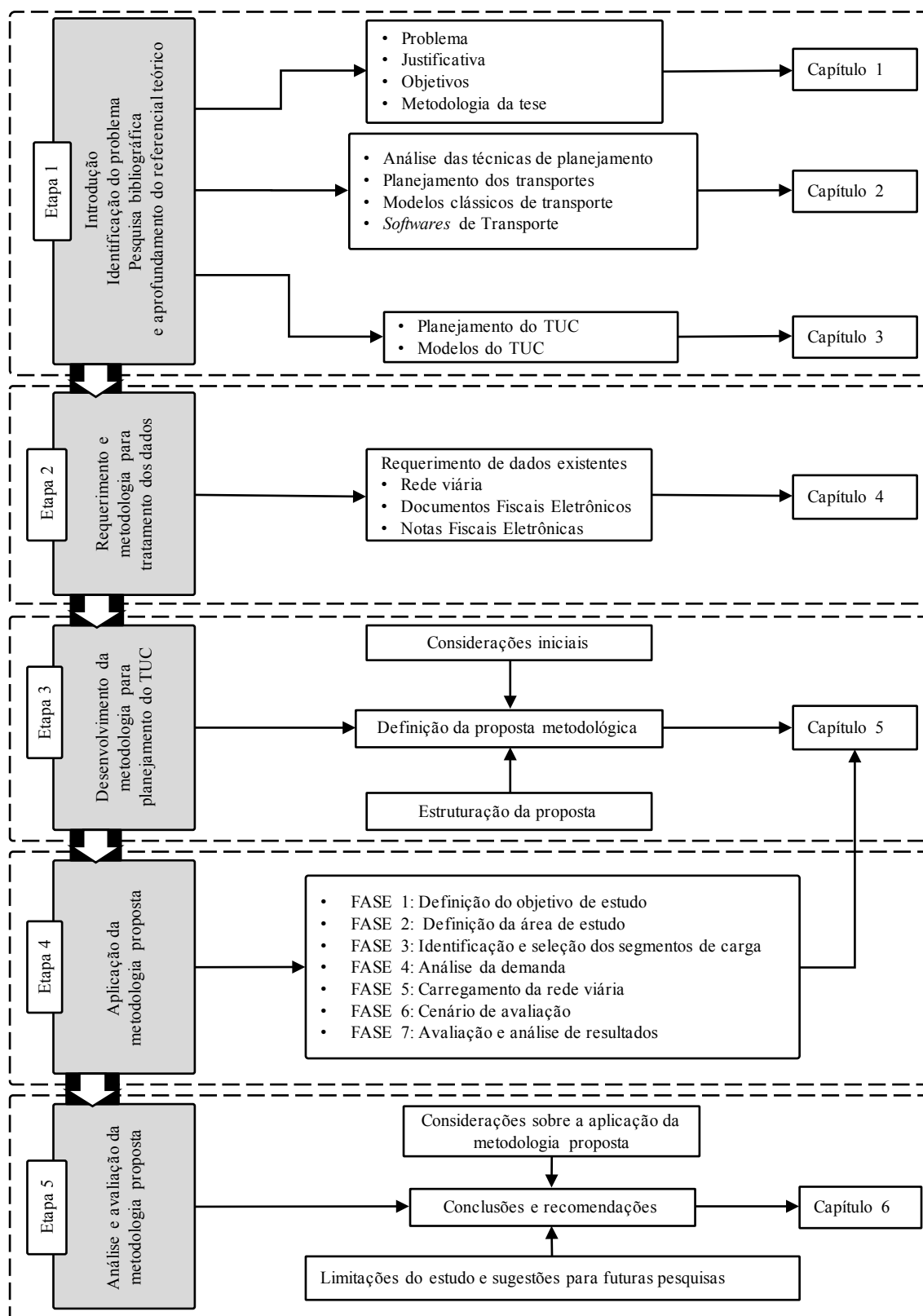


Figura 1-1 Metodologia e estrutura da Tese.

2. ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO

Neste capítulo é feita a análise das técnicas de planejamento de transporte como subsídio para a proposta da metodologia do planejamento do TUC. Com base em trabalhos de autores representativos, e buscando uma abordagem mais ampla do conceito de planejamento, inicia-se com uma revisão geral dos conceitos de planejamento no âmbito das organizações como apoio a tomada de decisão nos planos das empresas, e finaliza-se com um compilado dos principais conceitos e técnicas de modelagem utilizados no planejamento de transportes.

A partir desta análise inicial, identifica-se que o processo de planejamento de transportes urbano utilizado atualmente tem uma forte ênfase no planejamento de transporte de passageiros. Isto porque as premissas dos processos de planejamento em transportes concebidos por autores referência como Bruton (1979); Hutchinson (1974); Manheim (1979); Mello (1981); e, Ortúzar e Willumsen (2011), partem da mesma base conceitual da estrutura do modelo de decisão apresentado no Estudo de Transporte na Área de Detroit – DATS, e no Estudo de Transporte na Área de Chicago (CATS), pois se observa uma significativa similaridade na estrutura apresentada por cada um deles. Uma característica comum que reforça esta conclusão é o forte viés na consideração dos dados de forma agregada nos modelos utilizados.

Ressaltando que estes modelos apresentam utilidade para o caso de estudo de movimentação de carga intermunicipal ou regional, onde geralmente se concentram cargas “*full load*”, com origens e destinos praticamente singulares, essa abordagem dificulta adaptar qualquer um desses processos ao planejamento do TUC, onde predomina o uso de viagens encadeadas ou rotas com múltiplas entregas.

Assim, ao longo dessa revisão dos processos do planejamento de transporte se procura destacar que aspectos são interessantes e quais não se adequam ao estudo do TUC e, conseqüentemente, para este trabalho.

2.1. CONCEITOS GERAIS DE PLANEJAMENTO E A IMPORTÂNCIA

Planejamento é um termo amplamente definido nas diferentes áreas de conhecimento, baseado principalmente nos trabalhos do Taylor e Fayol, os quais são considerados os desenvolvedores dos princípios da administração.

Massie (1971) e Sisk e Sverdlik (1982), Anthony e Dearden (1980); Munch e García (2008); e, Ernest (1962) apresentam o planejamento como o método pelo qual se estruturam objetivos para analisar desenvolvimentos prováveis futuros.

Murdick et al. (1981), argumenta que, além da delimitação de objetivos, o planejamento compreende o desenvolvimento sistemático de programas e alternativas relacionadas entre si, em que Ponce (1992) sugere, o estabelecimento de princípios para sua orientação e, a delimitação de tempo e recursos necessários para sua realização.

De forma complementar Burt Scalan e Keys (1983) e, Terry e Franklin (1982) apresentam o planejamento como um sistema que inicia com os objetivos, desenvolve políticas, planos, procedimentos e conta com um método de retroalimentação da informação, para se adaptar a qualquer mudança no intuito de alcançar os resultados esperados. É um processo de decidir antes que seja necessária uma ação (ACKOFF, 2000).

Para Mintzberg (2004) as abordagens anteriores podem ser resumidas como pensar no futuro, controlar o futuro ou a tomada de decisões, e considera que o planejamento como um processo formal e objetivo para alcançar resultados estruturados em um sistema integrado de decisões.

Com isso, define-se o planejamento como um processo para definir no presente ações futuras que, de acordo com os objetivos e metas propostas se alcancem os resultados esperados, num contexto de objetividade e eficiência, conforme apresentado na Figura 2-1.

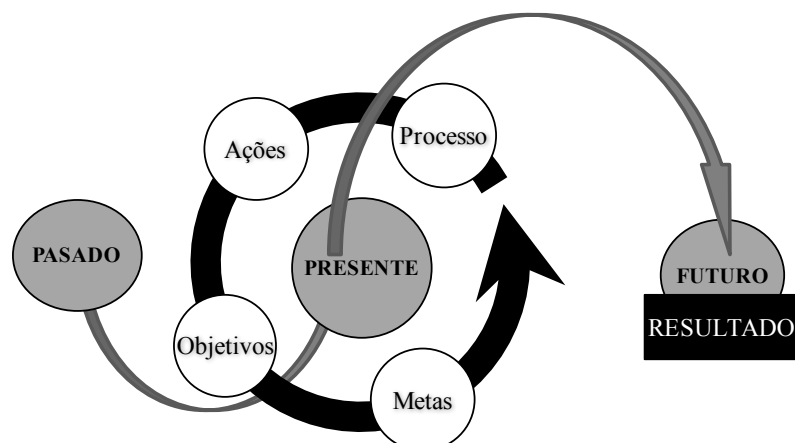


Figura 2-1 Diagrama do conceito de planejamento.

Assim, de modo objetivo e controlado, de forma que sejam aproveitados todos os recursos de maneira eficiente, e que se contribua a enfrentar adequadamente as mudanças e diminuir a incerteza na tomada de decisões, Lopez et al. 2012, Crainic e Laporte (1997) e Gutiérrez (2007) demonstram que no planejamento há três vertentes ou níveis comumente tratados:

- **O Planejamento estratégico:** considera-se como o processo que envolve o mais alto nível de gestão e requer um maior capital de investimento em horizontes de tempo mais extensos.
- **O planejamento tático:** focaliza médio prazo, com uma racional e eficiente alocação dos recursos.
- **O planejamento operacional:** representa gestão local no curto prazo, onde ocorre a caracterização detalhada dos veículos, das estruturas e das atividades de um processo.

Por outro lado Alegre e Coelho (2012) baseado na gestão patrimonial de infraestruturas, apresentam dimensões de análise, considerando os três níveis de planejamento, as alternativas de intervenção e as três principais competências. Ver Figura 2-2.

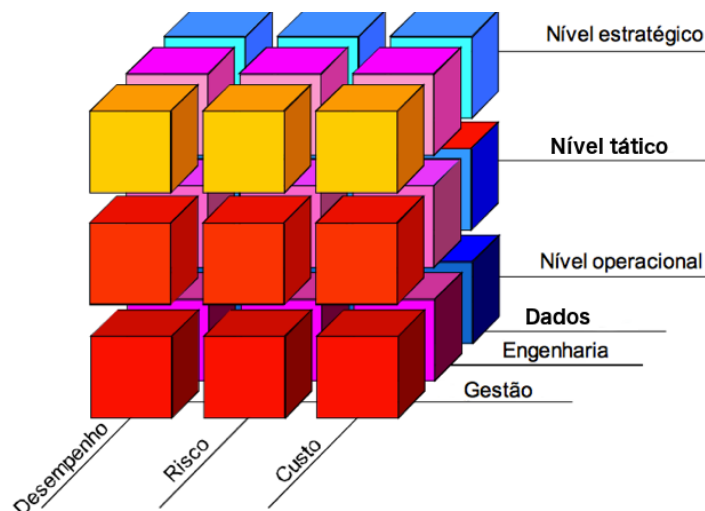


Figura 2-2 Dimensões de análise no planejamento.

Fonte: Adaptado de Alegre e Coelho (2012).

Em vista dos argumentos apresentados, percebe-se que o planejamento fornece elementos necessários para estabelecer um sistema racional na tomada de decisões, minimizando os riscos, promovendo a eficiência, maximizando as oportunidades, minimizando os problemas potenciais e reduzindo os níveis de incerteza projetados.

2.2. PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

Em concordância com o conceito tratado na sessão anterior, Mello (1981) apresenta o planejamento em transportes como o processo que considera todas as estruturas utilizadas para a movimentação de pessoas e bens, no qual são fixados objetivos a partir de metas que permitirão prever e analisar resultados. Segundo Catanese e Snyder (1988) esse processo deve ser desenvolvido prevendo as consequências no futuro de ações no presente, caso não seja realizada intervenção nenhuma.

Em consequência disso, o planejamento em transportes surge como um processo que contribui no entendimento e na solução dos principais problemas de transporte, considerando a premissa de que a condição de equilíbrio no horizonte é um estado adequado para tentar prever e avaliar (HUTCHINSON, 1974).

Este processo deve ser contínuo, envolvendo a interação entre o governo e a sociedade, dado que o governo é o encarregado de selecionar a melhor dentre várias alternativas para atender as necessidades de transporte da população. Nessa lógica, um sistema de transporte urbano tem como objetivo atender o fim para o qual foi planejado, maximizando a acessibilidade, qualidade ambiental e o desenvolvimento urbano (HUTCHINSON, 1974). Nesse sentido, é fundamental utilizar representações simplificadas de uma realidade que é complexa, com a finalidade de facilitar as análises dos sistemas de transporte.

Para tal, os tomadores de decisões dispõem de uma variedade de ferramentas para auxiliar o processo de planejamento de transportes e, segundo Ortúzar e Willumsen (2011), entre as principais estão os modelos. Embora estes não sejam o planejamento em si, podem ser considerados como um dos principais recursos dentro do processo, muitas vezes representando uma de suas etapas cruciais. Sob esse ponto de vista, pode-se mencionar que os modelos de transporte fornecem alternativas úteis para tentar entender e analisar as demandas futuras dos sistemas de transporte por meio de ferramentas matemáticas, computacionais, comportamentais, entre outras.

Neste contexto há modelos bem desenvolvidos, como os modelos convencionais de transporte que, segundo Yamashita (1996) tem sido utilizados amplamente pelos planejadores. De acordo com Manheim (1979) os mesmos são utilizados no planejamento

urbano de transportes e, dentre seus diversos objetivos e usos, na previsão das viagens, tema a ser explorado a seguir.

2.3. MODELOS CLÁSSICOS DE TRANSPORTE

Considera-se um modelo a representação abstrata da realidade, porém adequada para análises. Segundo Ortúzar e Willumsen (2011), basicamente existem duas categorias de modelos. Na primeira estão os modelos físicos (maquetes e desenhos em escala), normalmente utilizados para tratar certos problemas físicos, mas claramente limitados às particularidades do projeto. Na segunda categoria estão os modelos abstratos, onde a realidade é representada por meio de símbolos, tentando replicar o sistema em análise e seu comportamento. Esta última categoria é de maior utilidade para os planejadores em transportes, pelo fato de focar a atenção na representação da funcionalidade e nas mudanças do sistema analisado.

As primeiras tentativas na modelagem orientada ao planejamento dos transportes foram iniciadas nos anos 1950, com o modelo de quatro etapas (*The four-Step Model*), aplicado por primeira vez nos Estados Unidos em 1950 nos Estudo de Transporte na Área de Detroit – DATS e no Estudo de Transporte na Área de Chicago – CATS (BLACK, 1990).

Na modelagem de transporte existem modelos amplamente utilizados e que têm sido classificados de diferentes formas. Por exemplo, para Carneiro (2005) esses modelos estão classificados em três grupos: convencionais, desagregados e baseados em novas tecnologias, como apresentado no Quadro 2-1.

Quadro 2-1 Tipo de modelos de previsão de demanda de transporte.

CLASSIFICAÇÃO	TIPOS DE MODELO
Modelos Convencionais	Geração de viagens
	Distribuição de viagens
	Divisão modal
	Alocação de viagens
Modelos Desagregados	Modelos comportamentais
	Modelos atitudinais
Modelos Baseados em Novas Tecnologias	Sistemas de informação geográfica
	Sistemas inteligentes

Fonte: Adaptado de Carneiro (2005).

O modelo convencional ou modelo clássico de quatro etapas (sequência de quatro etapas, Figura 2-3), após publicado em 1962, tornou-se como modelo referência para os estudos de planejamento (BLACK, 1990). Estes modelos estão baseados no zoneamento da área de

estudo e no uso de redes viárias (*networks*), empregando assim dados de forma agregada (BRUTON, 1979; MELLO 1981; e, ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

As quatro etapas que compõem o modelo clássico são:

- **Geração:** análise dos fatores geradores das viagens produzidas ou atraídas por cada Zona de Tráfego⁶.
- **Distribuição:** estimativa de viagens produzidas e atraídas para cada uma das células da matriz de origem/destino (O/D).
- **Divisão modal:** previsão de viagens com origem em i e destino em j , para cada modo de transporte considerado na análise.
- **Alocação:** estimativa dos fluxos totais de tráfego na rede viária, de acordo com as matrizes O/D obtidas nas etapas anteriores, para cada modo de transporte em estudo.

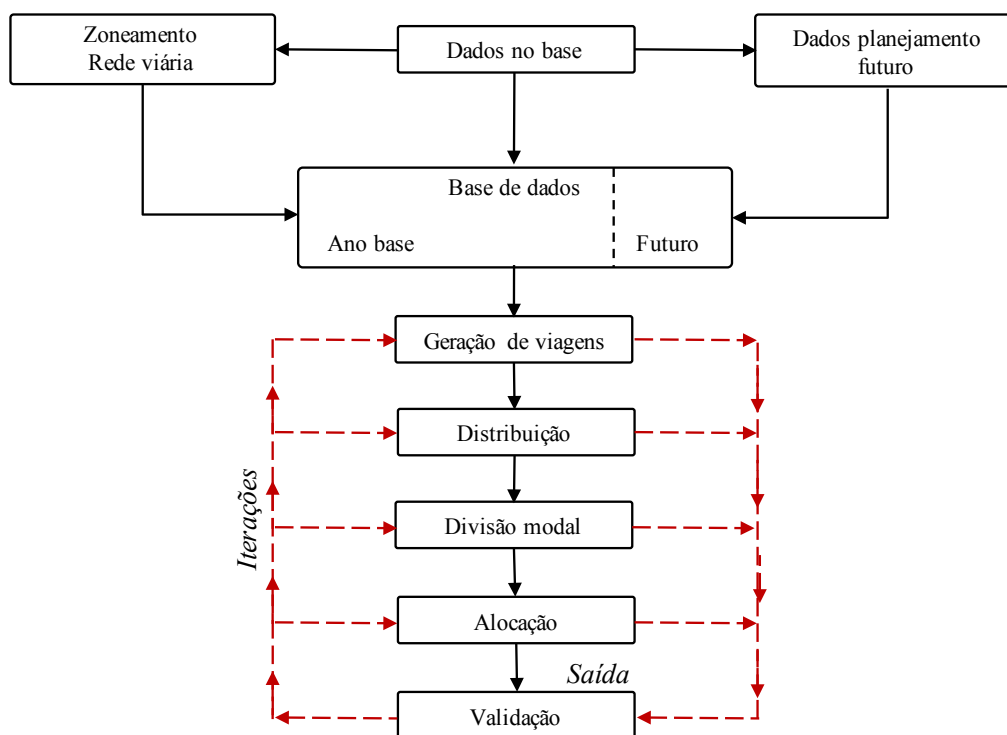


Figura 2-3 Modelo clássico de quatro etapas.

Fonte: adaptado de Ortúzar e Willumsen (2011).

Vale ressaltar que existem vários submodelos ou metodologias que possibilitam a execução das quatro etapas do modelo clássico. Para isso, no Apêndice C são apresentados os

⁶ Zona de tráfego: elemento utilizado na modelagem, para aglomerar dados de viagens e condições socioeconômicas em determinada área (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

submodelos e metodologias comumente utilizadas na modelagem de transportes, com foco principalmente no movimento de pessoas.

Tendo em vista que o modelo clássico descrito notadamente usa dados agregados para análise e previsão da demanda de passageiros, Souza e D'Agosto (2013) advertem que o mesmo precisa ser aprimorado ou ajustado às características do TUC. No entanto, os autores não relatam como deveriam ser feitos tais aprimoramentos ou ajustes.

Dado o exposto, a seguir, mostra-se as principais dificuldades que se apresentam com o uso dos modelos convencionais na modelagem, em especial para os estudos de planejamento urbano de transportes de cargas. Também, trata-se de algumas ferramentas computacionais consideradas adequadas a tal modelagem.

2.3.1. Erros na modelagem

Uma das principais dificuldades na modelagem para estudos de planejamento de transportes está relacionada com o nível de agregação dos dados, em razão de que na prática maior detalhe significa aumento nos custos para sua coleta e análise (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011; MELLO, 1981). Por exemplo, para a região metropolitana de Nova Iorque, com cerca de 20 milhões de habitantes, no caso específico de coleta de dados sobre a geração de carga e ciclos de viagem do TUC, o custo aumenta de 2,0 para 7,4 milhões de dólares (HOLGUÍN VERAS et al. 2010).

Além disso, Hutchinson (1974) argumenta que em muitos estudos, o custo de coleta e codificação tem ultrapassado de 50 a 60 por cento do total de seus orçamentos. Portanto, a qualidade e representatividade dos resultados estaria diretamente relacionada ao orçamento disponível (tamanho da amostra) e à seleção das variáveis explicativas utilizadas na formulação dos modelos (MELLO, 1981).

Nesse sentido, Ortúzar e Willumsen (2011) classifica os diferentes tipos de erros dos modelos que podem ser produzidos durante seus processos de construção, calibração e previsão. Esta classificação, refere-se especificamente aos erros na coleta de dados, no tamanho da amostra, no cálculo (número de iterações utilizada nos processos), na estrutura do modelo, na aplicação do modelo em um contexto diferente para o qual foi criado e o nível de agregação utilizado. Assim, algumas considerações usadas nos procedimentos estatísticos

na modelagem e outros fatores não considerados, podem gerar impactos significativos, ocultando erros nas previsões realizadas (MANHEIM, 1979).

Na análise crítica de Domencich e McFadden (1975), revela-se que os modelos convencionais, desde a descrição, podem apresentar falhas ou deficiências, dentre elas destaca-se o uso de dados agregados por zonas (zonas de tráfego), as quais normalmente aglomeram dados de viagens e condições socioeconômicas. Por consequência, Domencich e McFadden (1975) indicam que todos os modelos precisam ser estruturados preferivelmente utilizando dados das viagens de forma desagregada.

Já Holguín-Veras et al. (2013), é mais específico, e afirma que o uso de dados agregados em modelos inviabiliza a interpretação de movimentos de carga urbana devido à sua principal característica: as viagens encadeadas (ou rotas com múltiplas entregas) realizadas dentro de uma zona com dados agregados. Isto será delineado no item 3.2.

2.3.2. Ferramentas computacionais orientadas à modelagem em transportes

Na atualidade existem diversas ferramentas computacionais (*softwares*) para auxiliar a modelagem de sistemas de transportes, tanto no nível macro quanto no micro, para diferentes cenários de análise. Dentre os *softwares* comerciais comumente utilizados, estão: o EMME4, o TransCad e o Visum.

Software EMME4: É uma moderna ferramenta para o planejamento de transportes que possibilita gerar previsões da demanda por transportes em escala urbana, regional e nacional, planejamento do transporte coletivo, planejamento de tráfego e, realizar análises econômicas, ambientais e de emissões (INRO, 2017). As principais características desta ferramenta são:

- Permitir variadas opções na geração (regressão linear, fatores de crescimento, classificação cruzada). No entanto, além das opções trazidas por *default*, a ferramenta permite inserir outras, através de códigos de programação.
- Na distribuição, esta ferramenta permite usar o modelo de gravidade e Fratar (modelos 2D e 3D de distribuição).
- Na partição modal, permite os modelos *logit* e *logit* multinominal, mas também pode ser utilizada qualquer tipo de função de demanda.

- Para a alocação possibilita realizá-la por meio de métodos tudo-ou-nada, capacidade determinístico/probabilístico, incremental, equilíbrio e dinâmica.

Software TransCad

É uma ferramenta de planejamento de transportes que integra as propriedades de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e as capacidades de modelagem de transporte. Permite analisar redes, sistemas de transporte de passageiros, modelos de demanda e planejamento de transportes, roteirização de veículos e ordenamento do território e modelos de localização (CALIPER, 2017). Entre outras funções esta ferramenta possibilita:

- Durante análise de geração realizar regressão linear, fatores de crescimento, classificação cruzada, *logit*, e qualquer macro definida pelo usuário.
- Na distribuição, a ferramenta permite usar o modelo de gravidade e Fratar, proporcional Fratar tri e gravidade, e gravidade de alocação simultânea.
- Para a divisão modal, permite os modelos *logit* e *logit* multinominal.
- A alocação pode ser realizada por meio de métodos como tudo-ou-nada, capacidade determinístico/probabilístico, incremental, equilíbrio e dinâmica (CALIPER, 2017).

Software VISUM

É uma ferramenta para análise de transporte, planejamento e gestão de dados. Esta ferramenta baseada em SIG modela de forma consistente redes de transporte e demanda de viagens. Também analisa as mudanças do tráfego previsto, planejamento de serviços de transporte público, desenvolvimento avançado de estratégias e soluções de transporte (PTV/GROUP, 2017). As principais opções desta ferramenta são:

- Na geração e distribuição, permite realizar regressão linear, considerar fatores de crescimento e classificação cruzada.
- Na partição modal, inclui o modelo *logit*, com a possibilidade de inserção de outro modelo por meio de comandos visuais básicos através utilizando objetos e métodos.
- Para a alocação, disponibiliza os métodos tudo-ou-nada, capacidade determinístico/probabilístico, incremental, equilíbrio e dinâmica (PTV/GROUP, 2017).

Ao se examinarem as principais ferramentas comerciais para o planejamento de transportes apresentadas, observa-se sua amplitude, potencial abrangência e particularidades. Estas ferramentas estão em concordância com os diferentes tipos de modelos de transporte

desenvolvidos e que, em alguns casos, podem ser alterados no seu código para adequá-los às características dos projetos.

A principal ênfase destas ferramentas está na análise de sistemas de transporte de passageiros, exceto o TransCad que possui, dentro da plataforma um módulo dedicado à logística de transporte. Por tal razão, além da disponibilidade para o pesquisador, foi adotado o *software* TransCad no desenvolvimento desta pesquisa.

3. PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE URBANO DE CARGA (TUC)

No presente capítulo são analisados os trabalhos relacionados com o planejamento do TUC. Inicia-se com uma revisão das estruturas propostas para o planejamento dos transportes, onde são explorados conceitos e definições básicas utilizados na elaboração da proposta desta pesquisa.

Esta revisão inclui também as estruturas propostas para o planejamento do TUC e dos modelos de TUC produzidos nas ultimas décadas por autores como Ortúzar e Willumsen (2011), Hutchinson (1974), Mello (1981), Mintzberg (2004) e Ogden (1992a).

Por conseguinte, foi identificada uma escassez de trabalhos relacionados com o transporte urbano de carga. Hutchinson (1974), Woudsma (2001) e, Ortúzar e Willumsen (2011), dentre outros autores, afirmam que os estudos de planejamento de transporte têm sido concentrados no planejamento e entendimento da demanda de passageiros, com pouca atenção à movimentação de carga. Além disso, ressaltam que este cenário é agravado pelas diferenças significativas entre estes sistemas de transporte, não possibilitando utilizar modelos de transporte de passageiros para os de carga urbana.

3.1. ESTRUTURAS PARA O PLANEJAMENTO DO TUC

Hutchinson (1974) apresenta uma estrutura para o planejamento dos transportes urbanos desenvolvida nos Estados Unidos, e que tem sido usada como referência para outros estudos. Esta estrutura considera um levantamento de dados, análise da demanda e destaca a necessidade de prever o uso do solo, além da proposta e avaliação de um plano de acordo com o objetivo proposto, conforme apresentado na Figura 3-1.

Por outro lado, Mintzberg (2004) coloca a disponibilidade orçamentária como premissa para a formatação dos objetivos, estratégias, programas e ações, e propõe uma estrutura denominada “planejamento estratégico convencional” que relaciona diferentes hierarquias a serem consideradas entre si (Figura 3-2).

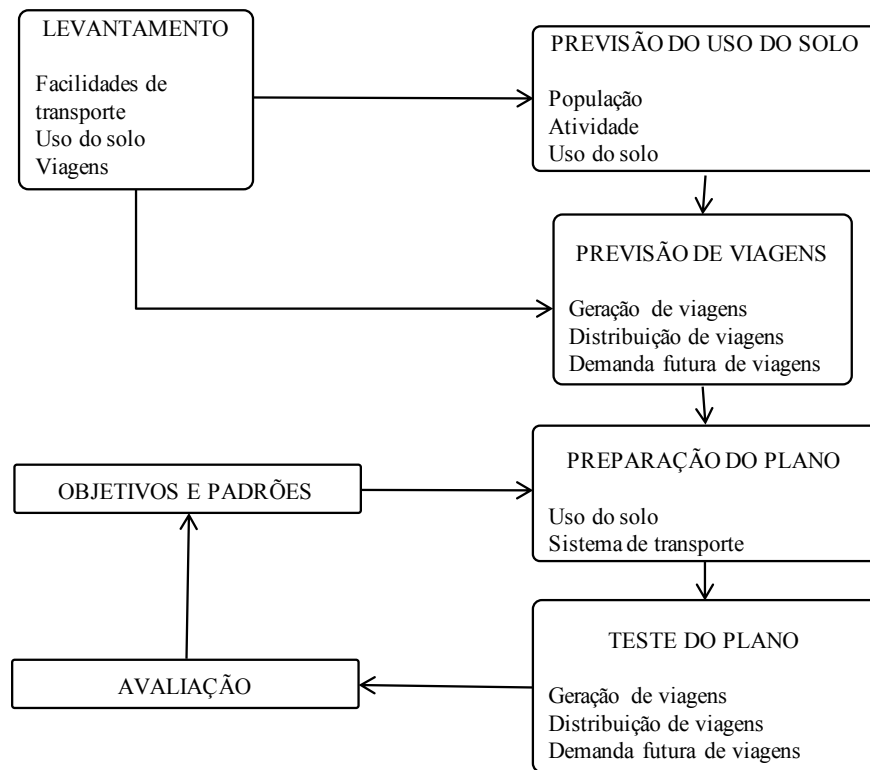


Figura 3-1 Estrutura de planejamento em transportes urbanos.

Fonte: adaptado de Hutchinson (1974).

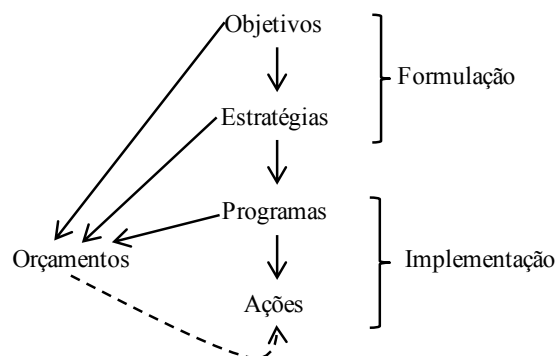


Figura 3-2 Planejamento estratégico convencional.

Fonte: Mintzberg (2004).

Mello (1981), por sua vez, apresenta uma metodologia de planejamento urbano com ênfase no transporte de passageiros, onde também destaca a previsão de uso do solo, os principais elementos a serem considerados no processo planejamento dos transportes e os resultados esperados (veja Figura 3-3).

Já Ortúzar e Willumsen (2011) propõem uma estrutura para o planejamento contínuo do transporte, ressaltando que os modelos de planejamento de transporte não solucionam os problemas *per se*, mas vinculando-se a um processo de tomada de decisões do tipo racional. Esta estrutura cíclica inicia com a formulação do problema, seguida do levantamento de

dados, posterior análise da demanda que permite a proposta de soluções para, finalmente avaliar e aplicar a melhor solução, como apresentado na Figura 3-4.



Figura 3-3 Estrutura do processo de planejamento de transportes.
Fonte: Mello (1981).

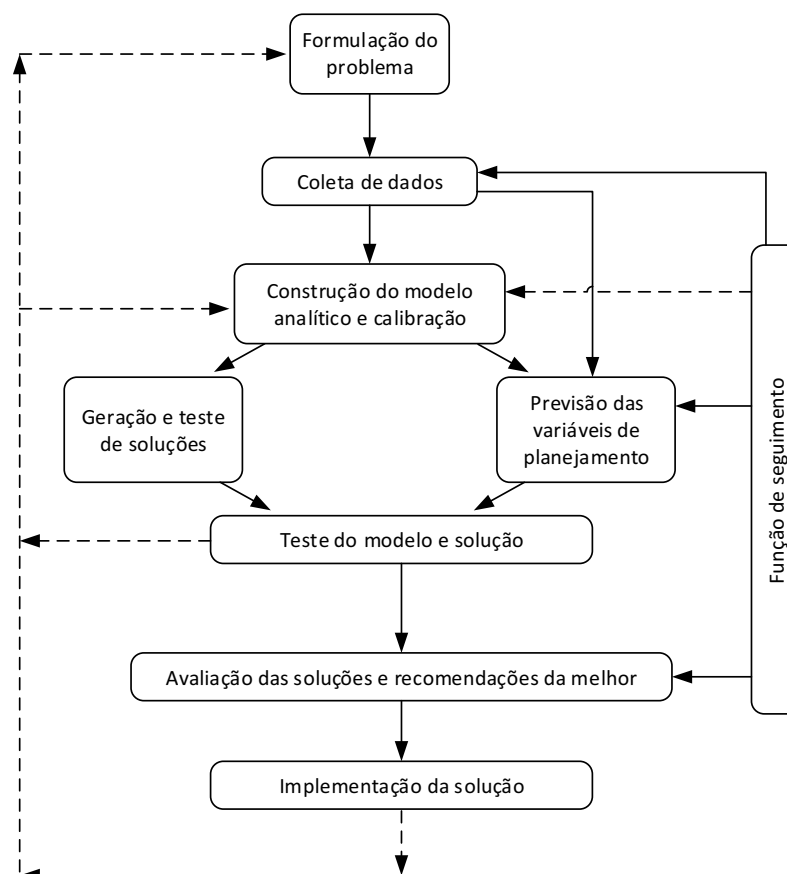


Figura 3-4 Estrutura para a tomada de decisão utilizando modelos.
Fonte: adaptado de Ortúzar e Willumsen (2011).

Nessa perspectiva, Cui et al. (2015) pontuam que os esforços têm sido focados no planejamento do transporte público de passageiros. Assim, ressaltam a necessidade em melhorar o entendimento do TUC para seu planejamento. *vis-à-vis* a importância que esta atividade representa na economia e os impactos produzidos no processo de movimentação de carga. Gonçalves (1992) vai além e trata da necessidade de compatibilizar as características dos diferentes sistema de transportes com os padrões da demanda de viagens conforme o horizonte do planejamento adotado.

Na procura desse entendimento, diversas entidades encarregadas do planejamento urbano têm realizado esforços para implementar melhores práticas, metodologias e técnicas voltadas ao planejamento do TUC (SCT e SDG, 2006b; TANIGUCHI e SHIMAMOTO, 2004). As ações se concentram em analisar os problemas decorrentes da movimentação urbana de cargas, buscando torná-la mais eficiente e menos impactante em termos ambientais.

Nessa busca destacam-se a consolidação de conceitos sobre o TUC e também o estudo de modelos mais apropriados para apoiar o seu processo de planejamento. Porém este último esforço não tem produzido avanços significativos e, para Taniguchi et al. (2014), a modelagem do TUC não está tão desenvolvida quanto a de passageiros (TANIGUCHI et al. 2014).

Por outro lado, já há uma maior conscientização da importância do TUC devido ao seu impacto no desenvolvimento da economia local e regional (CNT, 2014; COMI et al 2013; CUI et al. 2015; DUTRA, 2004; HOLGUÍN-VERAS et al. 2013; HOLGUÍN-VERAS e JALLER, 2014; OGDEN, 1992a; ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011; TAVASSZY e De JONG, 2014a; WITLOX, 2007), e de que estes avanços ainda não são significativos pois o seu funcionamento é ainda pouco compreendido em razão, principalmente, da complexidade e da dificuldade na obtenção de dados no propósito de caracterizá-lo (HOLGUÍN-VERAS et al. 2014; OGDEN, 1992a).

Ainda, segundo a visão de Gonzales-Feliu e Routhier (2012) existe uma mistura de modelos de estimação da demanda com diferentes focos de análise e que, pode-se afirmar, ainda não se integram em um modelo de planejamento consolidado como o modelo de quatro etapas, utilizado largamente no processo de planejamento do transporte de passageiros.

Nesse cenário, autores têm estudado modelos de movimentação de carga na área urbana, desenvolvidos para resolver problemas específicos e, embora estes modelos tenham diferenças nas análises e considerações adotadas, a finalidade destes está em analisar o sistema de forma que permita contribuir no processo de planejamento (BOERKAMPS et al. 2000; CRAINIC et al. 2009; FIGLIOZZI, 2006, 2007; FRIESZ et al. 2008; HOLGUÍN-VERAS, 2000, 2008; HOLGUÍN-VERAS et al. 2004; HUNT e STEFAN, 2007; MUÑUZURI et al. 2010, 2009; OGDEN, 1992a; RUSSO e COMI, 2002, 2010; TANIGUCHI e HEIJDEN, 2000; TANIGUCHI e TAMAGAWA, 2005; VISSER e MAAT, 1996; WANG e HOLGUÍN-VERAS, 2008; WISSETJINDAWAT e SANO, 2003; XU et al. 2003).

Enfim, a modelagem continua sendo parte fundamental para auxiliar os gestores na tomada de decisões e, no tocante ao TUC, algo que necessita de mais estudos. Neste sentido, compreender e aproveitar o que já foi produzido sobre o tema pode ser um interessante ponto de partida.

Por exemplo, Ogden (1992a); Taniguchi et al. (2014); e, Russo (2013) concluem que os modelos de planejamento para o TUC podem ser categorizados em dois grandes níveis: modelos baseados em mercadorias, relativos a estimativa dos fluxos por tipo de carga; e, modelos baseados em viagens de veículos de carga, que permitem quantificar o fluxo de veículos referente ao serviço, tipo de veículo e tempo utilizado.

Entre estas alternativas, Ogden (1992a) indica que os modelos baseados em mercadorias são os mais apropriados para compreender os movimentos do TUC, pois são fundamentados na ideia de que o interesse no respectivo sistema de transporte está no movimento da carga, e podem ser estruturados por meio de modelos sequenciais de quatro etapas (geração, distribuição, partição modal e alocação). Ogden (1992^a) também sugere uma alternativa a este modelo, que é o uso de uma estimativa direta, consolidando a geração, distribuição e divisão modal em uma etapa, seguida do carregamento do veículo para a posterior a alocação de viagens, conforme apresentado na Figura 3-5.

Já os modelos baseados em viagens, segundo Ogden (1992a) são modelos que estimam diretamente as viagens dos veículos de carga gerado por uma local ou uma área. Este modelo apresenta três subcategorias de modelos sequencias, como apresentado na Figura 3-6.

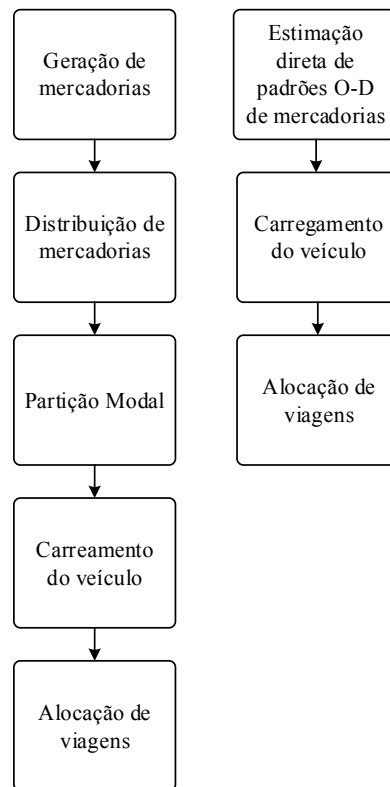


Figura 3-5 Modelos baseados em mercadorias.

Fonte: Adaptado de Ogden (1992a).

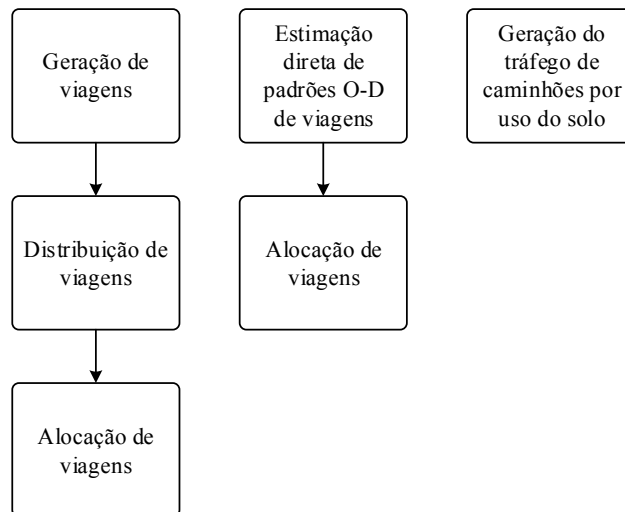


Figura 3-6 Modelos baseados em viagens de veículos de carga.

Fonte: Adaptado de Ogden (1992a).

No tocante ao desenvolvimento de conceitos para compreender o funcionamento do TUC há avanços e estes, como pré-requisitos, são tratados no item seguinte antes de se aprofundar nos tipos de modelos desenvolvidos especificamente para o TUC. Assim, define-se o

conceito de transporte urbano de carga – TUC e na sequência, são apresentados conceitos considerados básicos e necessários para o entendimento deste sistema de transporte.

3.2. TRANSPORTE URBANO DE CARGA – TUC

Para Ogden (1992) o TUC é o movimento de coisas (distinto de pessoas) para, desde, dentro e através de uma área urbana. Do ponto de vista de Woudsma (2001), é a movimentação de bens materiais, mas que esta simples definição não reflete a complexidade e heterogeneidade associada com esta dinâmica. Hutchinson (1974) além de considerar o TUC como o movimento de carga, destaca que esse movimento pode-se dar basicamente entre áreas urbanas e locais externos, interindustriais dentro de uma área urbana e de base residencial dentro de uma área urbana.

O TUC é uma atividade considerada essencial e inevitável, componente fundamental da vida urbana, provendo sustentabilidade e desenvolvimento econômico. Além disso, são expressivas as atividades que envolvem o movimento de carga, pois tanto a população quando a indústria tem a necessidade de produtos e serviços. (CUI et al. 2015).

Ogden (1992b), por exemplo, discorre sobre a importância do TUC em diversos aspectos, descritos a seguir:

- É essencial para sustentar nosso estilo de vida existente;
- Desempenha papel crucial na manutenção e conservação das atividades industriais e de comércio, as quais são as principais atividades geradoras de riqueza e desenvolvimento;
- Traz competitividade para a região de interesse;
- Apresenta participação expressiva no custo das *commodities* consumidas na região;
- O custo total da movimentação da mercadoria e logística é significativo e tem uma relação direta na eficiência da economia; e,
- Impacta no meio ambiente (em termos de uso de energia e geração de externalidades como a poluição, ruído, poluição visual, etc.).

Assim, para compreender melhor este importante sistema de transporte, a seguir são tratados outros elementos e definições necessárias para o desenvolvimento da proposta desta pesquisa.

3.2.1. TUC: Objetivos

Com o intuito de minimizar os custos sociais totais, Ogden (1992a) articula o seguinte conjunto de objetivos específicos do ponto de vista de planejamento:

- **Econômicos:** contribuir com o desempenho econômico local, regional e nacional;
- **De eficiência:** redução dos custos operacionais da movimentação das mercadorias, normalmente associados aos congestionamentos;
- **De segurança viária:** minimizar os acidentes;
- **Ambientais:** minimizar os efeitos ocasionados pelo transporte da carga (emissões poluentes, ruído, vibração e ocupação das áreas residências);
- **De infraestrutura:** fornecer e gerenciar a adequada infraestrutura deste sistema de transporte; e,
- **Estrutura urbana:** harmonia com a estrutura urbana conforme o planejamento.

3.2.2. TUC: Atores e elementos envolvidos

Os atores envolvidos no TUC estão representados pelos grupos ou indivíduos encarregados da tomada de decisões direta ou indiretamente, influenciados pelas características do movimento da carga (WOUDSMA, 2001). Tradicionalmente, os atores considerados no TUC são os transportadores, os fornecedores e os recebedores (OGDEN, 1992a; ROORDA et al. 2010). Outros participantes nas atividades são: empresas de transporte, motoristas, empresas e operadores de terminais, sociedade, e o governo (ZHANG et al. 2015). De forma complementar Marcucci e Gatta (2014) citam os varejistas, transportadores e o cliente.

De acordo com Woudsma (2001), o grupo de atores está conformado pelos transportadores, fornecedores (base)⁷, recebedores (clientes)⁸ e o governo. Por outro lado, a carga, o veículo, a malha viária e o uso do solo aparecem como os principais elementos relacionados com o TUC. Adicionalmente, o meio ambiente e a economia surgem como fatores que influenciam ou são influenciado pelos atores e elementos envolvidos na dinâmica do sistema de transporte, conforme apresentado na Figura 3-7.

⁷ Base: faz referência ao local onde o veículo é carregado com a mercadoria e enviado para efetuar as entregas. Também é considerado como ponto de retorno do veículo ao finalizar o ciclo de viagens.

⁸ Cliente: Indivíduo que recebe a mercadoria, não necessariamente é o consumidor final.

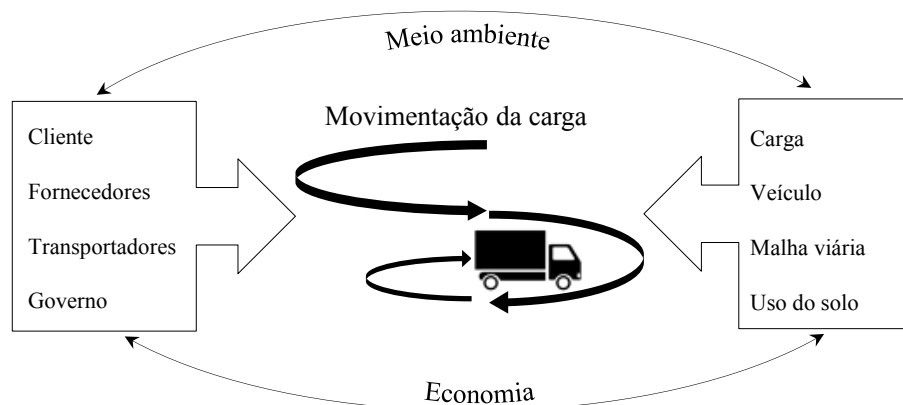


Figura 3-7 Esquema do TUC.

Fonte: Adaptado de Woudsma (2001).

Nota-se a diversidade nas considerações dos participantes, fatores e elementos envolvidos no processo de TUC. Desse modo, trabalhar-se-á no item a seguir a uniformização de conceitos básicos necessários, algumas definições e considerações importantes para esta pesquisa.

3.2.3. TUC: Conceitos e definições

Há uma vasta literatura sobre conceitos e definições relacionadas com o TUC, tais como viagem, fluxo de carga, fornecedor, remetente, despachante, entrega, cliente, parada, dentre outros. Na tentativa de buscar uniformização desse conjunto de termos usados nas análises, e tendo como referência principal o trabalho de Holguín-Veras et al. (2013), apresentam-se os seguintes termos em que os iniciais são expostos na Figura 3-8 para facilitar sua compreensão:

- **Ponto de Parada:** é tanto o local onde o veículo estaciona para realizar uma ou múltiplas entregas, ou o local do fornecedor (HOLGUÍN-VERAS et al. 2013).
- **Viagem:** faz referência ao deslocamento físico e no tempo realizado por um veículo de carga entre um ponto de parada (origem) e outro (destino). Segundo Russo (2013) estas viagens poder ser motivadas ou não pelos consumidores, como é o caso da necessidade de fornecimento de mercadorias para os shoppings.
- **Viagens vazias:** quando não há carga a ser transportada, e que comumente ocorrem quando o veículo sai para buscá-la ou retorna de sua entrega final.
- **Carga/mercadoria:** é o elemento a ser transportado, refere-se a um bem de consumo genérico (RUSSO, 2013).

- **Ciclo de viagem (Turn) ou rota:** é o conjunto de viagens individuais encadeadas realizadas desde a base (F) até os locais de parada (S_i) e retornando à base (F- S_1 , S_1 - S_2 , S_2 - S_3 e S_3 -F), conforme apresentado na Figura 3-8 (HOLGUÍN-VERAS et al. 2013).
- **Cliente/recebedor da carga (C_i):** representa o consumidor/recebedor da carga, e que não necessariamente é o destinatário final da mercadoria (HOLGUÍN-VERAS et al. 2013).

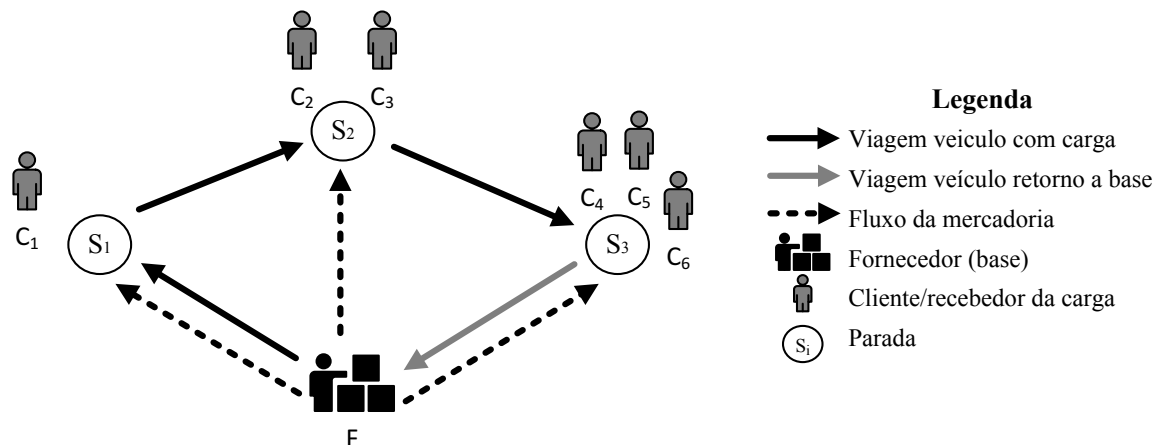


Figura 3-8 Viagem, ciclo de viagem e fluxo de carga.

Fonte: adaptado de Holguín-Veras et al. (2013).

- **Entrega/Coleta:** refere-se ao cada um dos locais onde será entregue ou recolhida a carga, respectivamente. Podem ocorrer simultaneamente durante o ciclo de viagem. Assim uma entrega/coleta pode não significar uma viagem e, por exemplo, Holguín-Veras e Jaller (2014), para simplificar seus estudos, consideraram uma entrega como uma viagem, visto a complexidade em obter dados desagregados. Alguns estudos fazem esta simplificação de modo empírico, sem considerar suas consequências na modelagem.
- **Movimento interno-interno:** é o descolamento espacial realizado com origem e destino dentro do limite de uma área de estudo (veja Figura 3-9).
- **Movimento interno-externo:** é o deslocamento espacial com origem na aérea de estudo e destino fora do seu limite (veja Figura 3-9).
- **Movimento externo-interno:** é o deslocamento com origem fora do limite de uma aérea de estudo e com destino dentro do mesmo (veja Figura 3-9).
- **Movimento externo-externo:** é o deslocamento espacial com origem e destino fora do limite de uma aérea de estudo, mas que no seu percurso atravessa a mesma (veja Figura 3-9).

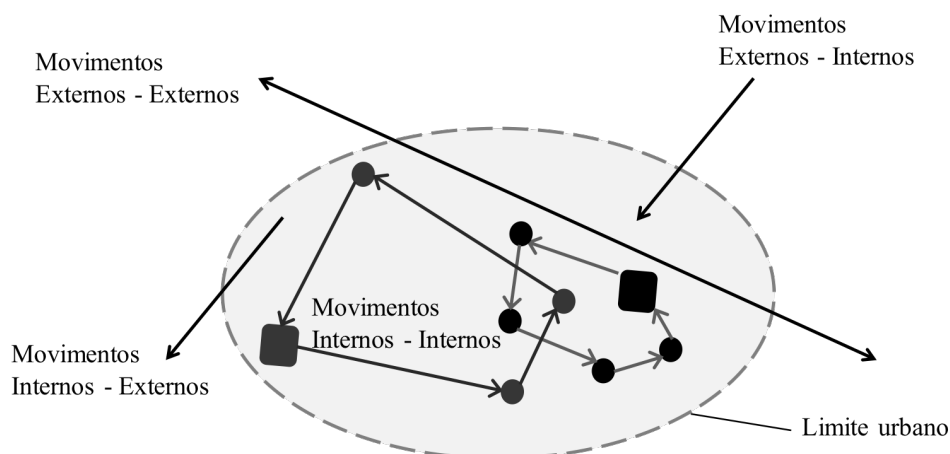


Figura 3-9 Tipos de movimento de carga em uma área de estudo.

Fonte: adaptado de Mello (1981) e, Ortúzar e Willumsen (2011).

- **Modalidade de transporte:** refere-se ao o tipo de distribuição das mercadorias, através de rodovia, ferrovia, hidrovía e dutos (NOVAES, 2004). No contexto urbano De Jong (2013) coloca o transporte rodoviário como o único modo usualmente disponível, mas recomenda distinguir entre veículos pequenos (leves) e grandes (pesados). Holguín-Veras et al. (2014) também apresenta o modo de transporte rodoviário por caminhões e outros veículos como predominante na movimentação de carga. Assim, neste trabalho, se considera apenas o modo rodoviário.
- **Fluxo:** o conceito de fluxo, está dividido em dois termos: **fluxo de veículos e fluxo de carga**. Para esta pesquisa, o fluxo de veículos é atribuído ao número de veículos de carga que atravessam por um segmento (arco) em um período de tempo. Já o fluxo de carga, representa a quantia de carga transportada através de um segmento (arco) em um período de tempo, expressado em toneladas (Ton) ou quilogramas (Kg). Da Figura 3-8, nota-se então outro aspecto importante para o TUC, onde a linha de desejo de viagem do fluxo de carga (setas tracejadas) comumente não coincide com a linha de desejo de viagem dos veículos (setas contínuas) quando se realiza viagens encadeadas.

3.2.4. Diferenças entre o transporte de carga e de passageiros

Existem significativas diferenças que revelam a necessidade de novos enfoques ou de ajustes nas metodologias utilizadas comumente no estudo do transporte de passageiros, de forma que se adaptem e representem as principais características da movimentação de carga na área urbana.

No grupo das principais diferenças está o elemento a ser transportado. Na carga, existe uma gama de produtos requeridos e produzidos bem mais estratificada se comparada com a classificação mais detalhada de passageiros por tipo e propósito de viagem. Além disso, diferentemente dos passageiros, a carga pode ter mudanças ao longo do processo desde a origem até o destino final (consolidação, desconsolidação, mudança de embalagem, para citar algumas).

Consequentemente, devido às distintas classes de mercadorias (refrigeradas, perecíveis, frágeis, de maior valor, perigosas, etc), as cargas requerem uma maior variedade de tipos de veículos e processos de transportes se comparada com o transporte de passageiros. Paralelamente, a tarifa na carga pode variar e, depende das características da mercadoria e tipo de transporte a ser utilizado, dentre outros fatores (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

Especificamente, na modelagem, existem diferenças nas considerações do custo generalizado⁹. Enquanto no caso de passageiros o custo está relacionado diretamente com o tempo (tempo de espera, tempo da viagem, tempo de caminhada, tarifa), no caso da carga é afetado principalmente por três componentes: custos monetários (frete, pedágios e estacionamento, etc.), tempo e, todos os custos pertinentes aos riscos implícitos ao movimento da mercadoria (dano, perda ou atraso na entrega da mercadoria) (LALWANI et al. 1991; ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

Na mesma abordagem, no âmbito do modelo de quatro etapas, Moreno (2006) apresenta um comparativo com as principais diferenças na modelagem de passageiros e de carga comumente utilizada no planejamento de transportes. O resumo do comparativo é exibido no Quadro 3-1.

Autores como Nuzzolo e Comi (2013) e Sivakumar (2007) evidenciam o deslocamento não direto como principal diferença entre o TUC para o transporte de pessoas, pois o TUC apresenta um padrão de rotas complexas, envolvendo um ciclo de viagens (*turn*). Como consequência, esta consideração pode trazer erros nas estimativas das Matrizes de origem /destino dos modelos.

⁹ Custo generalizado: é uma função linear com os atributos da viagem e fatores que intentam representar a percepção da importância do usuário (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

Quadro 3-1 Diferenças na modelagem de passageiros e de carga.

ETAPA	ASPECTO	TRANSPORTE DE PASSAGEIROS	TRANSPORTE DE CARGA
Geração	Motivo	Trabalho, estudo, compras, etc.	a) Serviço público de transporte de carga b) Particular
	Terminais	Requer mínima assistência para embarcar, descer e conectar com outros modais.	Requer diversas instalações; equipamentos e pessoal para carregar e descarregar. As conexões intermodais são relativamente especializadas por tipo de carga.
	Atores	O passageiro	Produtores, consumidores, carregadores, transportadores, provedores logísticos, autoridades.
		Variedade nas decisões, onde cada indivíduo aporta uma pequena porção na demanda.	Vários tomadores de decisão, menos que no caso de passageiros, mas alguns deles controlam parte da demanda.
	Unidades de medida	Passageiros, veículos.	a) Por carga: toneladas, metros cúbicos. b) Por veículos: caminhões, reboques. c) Por valor econômico das cargas. d) Por veículos equivalentes.
Distribuição	Fluxo de tráfego	Usualmente existe uma viagem de ida e volta.	a) Usualmente a mercadoria não volta. b) Requer minimizar o retorno dos veículos vazios.
		Existe flexibilidade para mudar de destino (por exemplo: viagem por compras ou entretenimento).	Normalmente não existe flexibilidade para mudar o destino.
Partição Modal	Atores	Os passageiros	Distribuidor, fornecedor, clientes.
	Fatores de decisão	1. Relacionado com a utilidade: tempo de viagem, conforto, tarifa, etc. 2. Relacionado com o passageiro: idade, gênero, renda, etc.	a) Relacionado com a carga: peso, tamanho, embalagens, fragilidade, tempo de validade da mercadoria. b) Relacionado com o embarcador: política de inventário, localização da infraestrutura, práticas de embarque. c) Relacionado com o recebedor: localização e requerimentos de descarga. d) Relacionado com o modo: tarifa, velocidade, risco de dano, frequência.
	Valor do tempo	a) Baseado na renda do usuário. b) Valor do tempo de caminhada e espera aparentam ser maiores ao tempo embarcado no veículo.	a) Baseado em fatores de custo e modelos de escolha discreta. b) O valor do tempo pode aumentar com a distância percorrida.
Custo Generalizado	Fatores	a) Tempo embarcado no veículo. b) Tempo de caminhada. c) Tempo de espera. d) Tempo de transbordos. e) Custos nos terminais. f) Tarifa.	a) Gasto monetário. b) Tempo serviço porta-a-porta. c) Variabilidade do tempo de viagem. d) Tempo de espera até a entrega. e) Probabilidade de perda ou dano da mercadoria.

Fonte: adaptado de Moreno (2016).

Ogden 1992 argumenta que analogias com os modelos de demanda de passageiros utilizadas na modelagem do TUC são pouco realistas, devido as diferenças entre os dois sistemas, basicamente as seguintes:

- **Tomador de decisões:** no transporte de passageiros são as pessoas principalmente que tomam a decisão de viajar. Para o transporte de carga é diferente, o processo envolve vários atores, cada um influencia o outro nessa tomada de decisão.

- **Unidade a ser transportada:** no transporte de passageiros a unidade a ser transportada não muda ao longo de todo o processo de tomada da decisão, isto é, o indivíduo se desloca de uma origem para um destino em um tempo por um modo e por uma rota. No transporte de carga a unidade muda, já que, no início do processo da tomada da decisão reveste-se de um fluxo de mercadoria por um período, seguido pela forma do envio, o que finalmente resulta em viagens de veículos de carga através de um sistema de transporte específico.
- **Objetos animados versus inanimados:** as pessoas são objetos animados e a decisão depende delas. Portanto na modelagem não é necessária esta consideração. Por exemplo, uma viagem de um passageiro (com propósito de modelagem) poderia finalizar em um estacionamento, em uma parada de ônibus, ou em uma área qualquer. Por outro lado, uma mercadoria pode ser manipulada mecanicamente ou manualmente, o que significa que está em continuo movimento desde vários pontos, da origem até um destino final.
- **Relação da demanda com variáveis independentes:** Os modelos para transporte de pessoas, normalmente está relacionado à geração de viagens com uma serie de variáveis independentes que representam os fatores do uso do solo na origem e no destino. Já no transporte de carga, esta teoria não é tão valida pois, por exemplo, qualquer mudança tecnológica ao longo do tempo pode gerar mudanças significativas, como no aumento da produtividade.

Após a uniformização dos conceitos, no item a seguir, apresenta-se a análise de alguns modelos selecionados e construídos especificamente para o TUC, como também, as diferenças entre estes modelos e os desenvolvidos com foco nos passageiros.

3.3. MODELOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA

Apesar da pouca atenção justificada por limitantes tratados neste documento, o planejamento do TUC merece maior destaque pelos impactos significantes na economia e nos aspectos social e ambiental (COMI, 2014). Como visto, ressalta-se a necessidade de uma análise diferenciada, comparado com o planejamento de transporte de passageiros (WOUDSMA, 2001), de forma que o número de problemas críticos produto das externalidades negativas, sejam atendidos pelos planejadores, pesquisadores e autoridades públicas (CUI et al. 2015).

Por exemplo, nos estudos sobre transporte de passageiros há algumas possibilidades que simplificam a modelagem, tais como considerar a origem e destino do passageiro para traçar a linha de desejo da viagem, adotar os períodos de maior solicitação como critério para estimativa da demanda a ser utilizada no modelo, pré-selecionar tipos de veículos devido ao nível de serviço adotado e à demanda e, especialmente, agregar as informações em zonas.

No caso do TUC tais simplificações são improváveis, pois vejamos alguns aspectos:

- A distribuição de mercadorias ocorre em diferentes empresas dispersas geograficamente e com características diversas;
- As viagens são comumente encadeadas, em que as “linhas de desejo de viagem dos produtos” não coincidem com as viagens dos veículos (vide Figura 3-8);
- As paradas e as viagens são múltiplas, obedecendo muitas vezes a inúmeros requisitos de serviço solicitados pelos diferentes recebedores e à própria configuração viária com suas restrições de acesso e mobilidade;
- As configurações do veículos e do nível de serviço se alteram devido às características dos produtos e da infraestrutura viária, além de outras considerações na cadeia da oferta envolvida (MUÑUZURI et al. 2009).

Como apontado por Nuzzolo e Comi (2013) e Sivakumar (2007), conclui-se que agregar as entregas e coletas por zonas sugere não ser adequado para uma modelagem coerente com a realidade, visto que boa parte dos movimentos intrazonais seriam excluídos durante o processo. Outro aspecto relevante é que enquanto muitos dos problemas, custos e impactos do TUC aparecem no lado da oferta, a chave para o entendimento da dinâmica do sistema no meio urbano encontra-se no lado da demanda (OGDEN, 1992a).

Consequentemente, para analisar os impactos e as mudanças nesse sistema de transporte, pode-se utilizar a modelagem para auxiliar o processo de planejamento, porém com os requisitos de que os dados necessitarão ser obtidos especialmente dos transportadores e recebedores e, essencialmente, a partir de dados desagregados, muitas vezes indisponíveis (MUÑUZURI et al. 2009)

Pode-se considerar que um reflexo dessa dificuldade é que os modelos analisados utilizam dados agregados, seguindo basicamente a estrutura do modelo clássico de quatro etapas, com

algumas adaptações para o tipo de transporte de carga, ou estão focados em setores e áreas específicas (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). Além disso, Gonzales-Feliu e Routhier (2012) pontuam que os modelos existentes relacionados ao TUC possuem diferentes abordagens e são de difícil comparação e padronização.

Por sua vez, Anand et al. (2012; 2015) fazem uma classificação dos principais propostas de modelos focados na movimentação de mercadorias, o que traz mais críticas aos modelos existentes. Esta classificação realizou-se de acordo com o ator interessado¹⁰, objetivo¹¹ pretendido, relação¹² e a interação com os atores e, a abordagem da solução¹³ ou perspectiva da modelagem (Veja Quadro 3-2). A perspectiva da modelagem está relacionada com a conceitualização, dedicação e ponto de vista com que o modelo foi concebido.

Do Quadro 3-2 observa-se o governo como o principal interessado dentre os diferentes atores e elementos envolvidos no TUC. O principal objetivo está relacionado com a eficiência¹⁴ no sistema de distribuição urbana de carga, algo limitado, pois objetivos sociais e ambientais são tanto quanto importantes. Por fim, o fluxo de veículos de carga aparece como a principal relação considerada nos modelos, oposto à recomendação de Ogden (1992a) de que o modelo mais adequado se relaciona com as mercadorias.

Outro aspecto interessante é que os modelos gerados, apesar de inseridos no contexto do planejamento, focalizam aspectos específicos, tais como relacionados com evoluções tecnológicas. Nesse sentido, Russo (2013) argumenta que a maioria desses modelos de transporte de carga foram produzidos por demandas de melhoria para problemas exógenos do TUC.

Pelos motivos expostos, infere-se que ainda não há um modelo consolidado para o planejamento do TUC. Ainda, que os modelos desenvolvidos tentam contornar a falta de dados desagregados, até então indisponíveis em larga escala, direcionando-os para objetivos

¹⁰ **Interessado:** indica o escopo do modelo na apreciação do interesse considerado.

¹¹ **Objetivo:** indica o tipo de problema que o modelo tenta resolver.

¹² **Relação:** indica a escala do modelo de acordo com as atividades consideradas.

¹³ **Solução:** indica qual foi a abordagem da solução considerada efetiva para o objetivo proposto.

¹⁴ Segundo Anand et al. (2015) a eficiência está relacionada com a redução dos custos operacionais do transporte. Considerando o congestionamento, deficiências da rede viária, embarque/desembarque, estacionamento, horas de operação, locais de acesso e saída e a o esforço realizado na atividade.

específicos ou que, na sua configuração, não atendem aos requisitos para a caracterização deste tipo de transporte.

Esta visão é compartilhada por vários autores cujos estudos focalizam o transporte de mercadorias. Estes argumentam que há uma base frágil sobre conceitos, e até da definição de submodelos que possam ser utilizados na elaboração de um modelo melhor estruturado, ainda inexistente (HOLGUÍN-VERAS et al. 2013; COMI, 2014; GONZALES-FELIU, 2012; MUÑUZURI et al. 2009, TAVASSZY e De JONG, 2014a).

Estes submodelos são técnicas normalmente utilizadas no processo de planejamento do TUC e, para sua estruturação, dentro das suas principais atividades usualmente está a coleta e processamento de dados (GONZALEZ-FELIU et al. 2016). Estes dados, além de ser os principais insumos, dever ser relativamente detalhados para a calibragem e utilização da modelagem, sendo normalmente a parte mais dispendiosa no processo de qualquer estudo de planejamento. Segundo Hutchinson, (1974) em muitos estudos, o custo de coleta e processamento dos dados tem ultrapassado 50 a 60 por cento do total do orçamento.

Em consequência, percebe-se uma lacuna acerca dos dados relacionados com a movimentação de carga. E mesmo que se pudesse pagar pelos mesmos, os que podem ser acessados, além de serem poucos, não proveem informação suficiente que permitam caracterizar o TUC (HOLGUÍN-VERAS et al. 2013 e WOUDSMA, 2010).

O trabalho de Tavasszy e De Jong (2014b) apresenta um painel sobre esta escassez de dados para períodos diários, semanais e mensais, e por isto discute a necessidade do desenvolvimento de modelos mais simples e práticos. Da mesma forma, são relacionadas as fontes de dados mais adequadas conforme o tipo de modelagem em transportes a ser realizada. Entre estas fontes, são citados os documentos administrativos que os emissores da carga devem legalmente preencher o que, por sua vez, remetem aos documentos fiscais relacionados com o transporte da carga. Tais dados usualmente não são públicos, e poderiam ser de difícil obtenção pelo sigilo, pois normalmente são de propriedade das empresas.

Quadro 3-2 Modelos de TUC.

Autor	Interessado				Objetivo							Relação										Solução			
	Fornecedores	Transportador	Governo	Cliente	Econômicos	Eficiência	Segurança viária	Ambientais	Infraestrutura e Manutenção	Estrutura Urbana	Conhecimento	Geração de carga	Fluxo de carga	Tipo de veículo	Embarque do veículo	Localização	Prédios e tipo de local	Geração de viagens	Modal de transferência	Tipo de tráfego	Fluxo de tráfego	Estrutura industrial	Planejamento	Políticas	Tecnológica
Southworth (1982)																									
Young et al. (1983)																									
Visser e Maat (1996)																									
Harris e Liu (1998)																									
Holguín-Veras (2000)																									
Boerkamps et al. (2000)																									
Taniguchi e Heijden (2000)																									
Russo e Comi (2002)																									
Xu et al. (2003)																									
Wisejindawat (2003)																									
Crainic el al. (2004)																									
Holguín-Veras et al. (2004)																									
Taniguchi e Shimamoto (2004)																									
Taniguchi e Tamagawa (2005)																									
Hensher e Puckett (2005)																									
Friesz e Holguín-Veras (2005)																									
Figliozzi (2006)																									
Yannis et al. (2006)																									
Van Duin et al. (2007)																									
Figliozzi (2007)																									
Hunt e Stefan (2007)																									
Wisetjindawat et al. (2007)																									
Routhier e Toilier (2007)																									
Wang e Holguín-Veras (2008)																									
Kanaroglou e Buliung (2008)																									
HolguínVeras (2008)																									
Friesz et al. (2008)																									
Muñuzuri et al. (2009)																									
Crainic et al. (2009)																									
Gentile e Vigo (2009)																									
Donnelly et al. (2010)																									
Russo e Comi (2010)																									
Muñuzuri et al. (2010)																									
Total	11	18	23	7	2	18	0	10	7	1	13	7	10	0	10	4	1	18	2	3	20	7	9	10	5

Fonte: adaptado de Anand et al. (2012, 2015).

No caso do Brasil, Santos (2015) levantou as principais fontes de dados comumente utilizadas no processo de entendimento do TUC. Posteriormente, em concordância com o trabalho de Tavasszy e De Jong (2014b), confirmou que há de fato um déficit e dificuldade na obtenção de dados desagregados, atualizados, apropriados para o planejamento do TUC, e com um custo baixo, de modo a viabilizá-lo.

Como proposta para preencher tal lacuna, Santos (2015) elaborou uma metodologia alternativa de obtenção de dados a partir dos registros de documentos fiscais eletrônicos – DF-e, que, segundo demonstra, são públicos, atualizados diariamente, podem interpretar as entregas de mercadorias com alta abrangência, e serem acessados se mantido o sigilo fiscal.

Assim, dado o exposto e para atender aos objetivos deste trabalho, a metodologia de extração de dados procedentes dos registros de DF-e, desenvolvida por Santos (2015) foi aplicada na coleta de dados para esta pesquisa. Para compreender o seu uso a seguir trata-se da principal fonte de informação utilizada, os documentos fiscais eletrônicos.

4. DOCUMENTOS FISCAIS ELETRÔNICOS – DF-e

Este capítulo trata dos dados fornecidos pelos documentos fiscais eletrônicos – DF-e como fonte principal de informações para esta pesquisa. Inicialmente, são detalhados a dificuldade e os expressivos recursos requeridos para a obtenção de dados relacionados ao TUC. Na sequência, apresenta-se os dados dos DF-e como fonte alternativa, abrangente, atualizada e de baixo custo para suprir essa demanda.

Tendo como foco este trabalho, também são explorados os conceitos e as principais características destes documentos. Por fim, apresenta-se a metodologia utilizada nos processos de extração, tratamento e análise dos dados coletados.

4.1. DF-e PARA PLANEJAMENTO DO TUC

Muñuzuri (2009) comenta que as cidades fazem pesquisas profundas para obter dados de sobre a mobilidade de pessoas, utilizando-os como suporte para a tomada de decisão. No caso do transporte de carga, são as companhias de transporte e os recebedores os principais detentores dos dados relacionados ao TUC. Isto torna os dados confidenciais, e por consequência, de difícil obtenção, pois tais empresas, por operarem em um ambiente competitivo, apresentam receio em fornecê-las (TAVASSZY e De JONG, 2014b).

Consequentemente, Tavasszy e De Jong (2014a) citam que os dados utilizados atualmente nos projetos de pesquisa em transporte de carga são poucos e não adequados para propósitos de planejamento. Em vista disso, Muñuzuri et al. (2009) afirmam que, devido à complexidade do TUC, as autoridades locais estão forçadas a gastar recursos expressivos na coleta destas informações, além de enfrentarem resistência das empresas para fornecê-las. Num ambiente dinâmico como o do TUC, isto provoca outro efeito negativo, que é a não obtenção destes dados de uma forma sistemática e confiável (TAVASSZY e De JONG, 2014a; HOLGUÍN-VERAS et al. (2010).

Em razão desta carência, existe uma lacuna nos dados para modelagem do TUC. Com isso, os tomadores de decisões são coagidos a proceder no planejamento sem dados apropriados, e às vezes induzidos a não tratar o fluxo de veículos de carga considerando sua baixa participação no total do fluxo (MUÑUZURI et al. 2009).

Tal cenário indica uma perspectiva nada promissora para o avanço da modelagem em TUC. Por outro lado, em parte isto se deve ao fato de que os pesquisadores têm concentrado suas análises tendo como premissa a coleta de dados por métodos tradicionais (Santos, 2015). Infere-se que, nas análises anteriores, não foi contemplada uma visão baseada nos avanços tecnológicos, a citar o uso dos chamados *big data*¹⁵.

Como apontado por Santos (2015) no caso do Brasil, há um significativo *big data* de fluxo de mercadorias, pois praticamente todas as transações comerciais são, por lei, amparadas por documentos fiscais digitais estruturados de modo padronizado, e estas informações são armazenadas, utilizadas e atualizadas continuamente sob uma mesma base de dados controladas pelos Estados e a Receita Federal do Brasil.

Como resultado, atualmente existem vários documentos em formato digital com registros de dados relacionados ao transporte de cargas, a citar: a Nota Fiscal Eletrônica – NF-e, o Conhecimento de Transporte Eletrônico – CT-e¹⁶ e o Manifesto Eletrônico de Documentos Fiscais – MDF-e¹⁷.

Para esta pesquisa utilizou-se os dados das NF-e, pois os outros documentos não apresentam dados suficientemente desagregados e não são de emissão obrigatória no caso do TUC. Para viabilizar a coleta e tratamento dos dados, pois o banco de dados utilizado é um *big data*, utilizou-se a ferramenta QlikView¹⁸. Outros motivos foram: pode ser obtida gratuitamente e é a utilizada por Secretarias de Fazenda do Estados brasileiros no tratamento dos dados de DF-e.

¹⁵ *Big Data*, é um termo que se refere a armazenar grande quantidade de dados, estruturados ou não, para uma eventual análise (https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/what-is-big-data.html).

¹⁶ CT-e, é um documento de existência exclusivamente digital, emitido e armazenado eletronicamente com o intuito de documentar prestações de serviço de transporte, com validade jurídica garantida pela assinatura digital do emitente e pela Autorização de Uso fornecida pela administração tributária do domicílio do contribuinte (CTE, 2016).

¹⁷ MDF-e, é o documento emitido e armazenado eletronicamente, de existência apenas digital, para vincular os documentos fiscais utilizados na operação e/ou prestação, à unidade de carga utilizada no transporte, cuja validade jurídica é garantida pela assinatura digital do emitente e autorização de uso pela administração tributária da unidade federada do contribuinte (MDFE, 2016).

¹⁸ QlikView é um software de *Business Intelligence* (BI) orientado ao usuário, que auxilia na tomada de decisões a partir de fontes diversas de conhecimento, dados, pessoas e ambiente. É um software que compacta os dados de modo a possibilitar o uso de “imensas” bases de dados (IN, 2016).

4.2. NOTA FISCAL ELETRÔNICA – NF-e

O modelo brasileiro das NF-e foi construído com apoio da iniciativa privada e após visitas das Secretarias da Fazenda dos estados de São Paulo – SP e Rio Grande do Sul – RS para conhecer a experiências das NF-e no Chile (De MELLO et al. 2009). Projeto debatido e aprovado no 1º Encontro Nacional de Coordenadores e Administradores Tributários Estaduais – ENCAT, surgiu como uma proposta para substituir o sistema tradicional de emissão do documento fiscal em papel, com os objetivos de: administrar as entradas e saídas de mercadorias pelos fiscos estaduais, facilitar os processos fiscais dos contribuintes e agilizar a fiscalização sobre operações e prestações tributadas pelo Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS e pelo Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI (AMARO e DE SOUZA, 2010; NFE, 2016).

O projeto denominado NF-e desenvolveu-se de forma integral pelas Secretarias de Fazenda dos Estados e Secretaria da Receita Federal do Brasil, a partir da assinatura do Protocolo ENAT 03/2005, de 27/08/2005, que atribuiu ao ENCAT a coordenação e a responsabilidade pelo desenvolvimento e implantação do Projeto NF-e (SPED, 2018).

NF-e define-se, como:

“Um documento de existência exclusivamente digital, emitido e armazenado eletronicamente, com o intuito de documentar uma operação de circulação de mercadorias ou prestação de serviços, no campo de incidência do ICMS, cuja validade jurídica é garantida por duas condições necessárias: a assinatura digital do emitente e a Autorização de Uso fornecida pela administração tributária do domicílio do contribuinte” NFE (2016).

Assim desde o ano de 2005, as empresas no Brasil que realizam transações com mercadorias ou prestação de serviços são, sob pena de multa se não o fizerem, obrigadas a emitir um documento fiscal com dados cadastrais corretos (Ex.: Razão Social, CNPJ e endereço) do emitente e recebedor, além das descrições das quantidades, valores e impostos das mercadorias transacionadas. Isto fornece um aspecto importante, pois a emissão da NF-e gera um volume de dados significativo e próximos da situação real da movimentação de mercadorias (FERNANDEZ et al. 2013).

Para ilustrar, foram emitidas 1,2 milhões de NF-e (NFE, 2016) no Brasil em um período de 30 dias. Apesar desse potencial Santos (2015) afirma existir poucos acessos e pesquisas sobre tais dados pela comunidade científica.

4.2.1. NF-e: Fluxo operacional

No NFE (2016), descreve-se o fluxo operacional da NF-e (como os dados são gerados, armazenado e enviados), os agentes e as responsabilidades destes no referido processo e, a seguir e na Figura 4-1, são ilustradas as etapas de um documento fiscal.

- a) Em cada operação o contribuinte deve solicitar a autorização de uso da NF-e à Secretaria da Fazenda – SEFAZ estadual à qual está subordinado e a confirmação do destinatário da mercadoria. Esta autorização deve ocorrer antes da saída da mercadoria;
- b) A SEFAZ procede à verificação da NF-e recebida. Se a análise for positiva, autoriza-se o uso da NF-e e é retransmitida para a SEFAZ de destino, para a Receita Federal e para a Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA);
- c) Autorizado o uso da NF-e naquela operação, o Documento Auxiliar de Nota Fiscal Eletrônica – DANFE (veja Anexo B) acompanhará o trânsito da mercadoria e o contribuinte disponibilizará o *download*¹⁹ do arquivo digital da NF-e; e,
- d) De posse das informações das NF-e, realiza-se a fiscalização com a finalidade de detectar indícios de sonegação e, se for o caso, continuar com os processos de conferência física de cargas e auditorias nas empresas.

Sobre esta base de dados, Santos (2015) demonstra como converter as transações comerciais com NF-e em entregas urbanas. Com base nessa tese, no Anexo A são apresentados os campos da NF-e utilizados na presente proposta metodológica.

¹⁹ *Download*: gerar um arquivo que se encontra em um computador remoto.

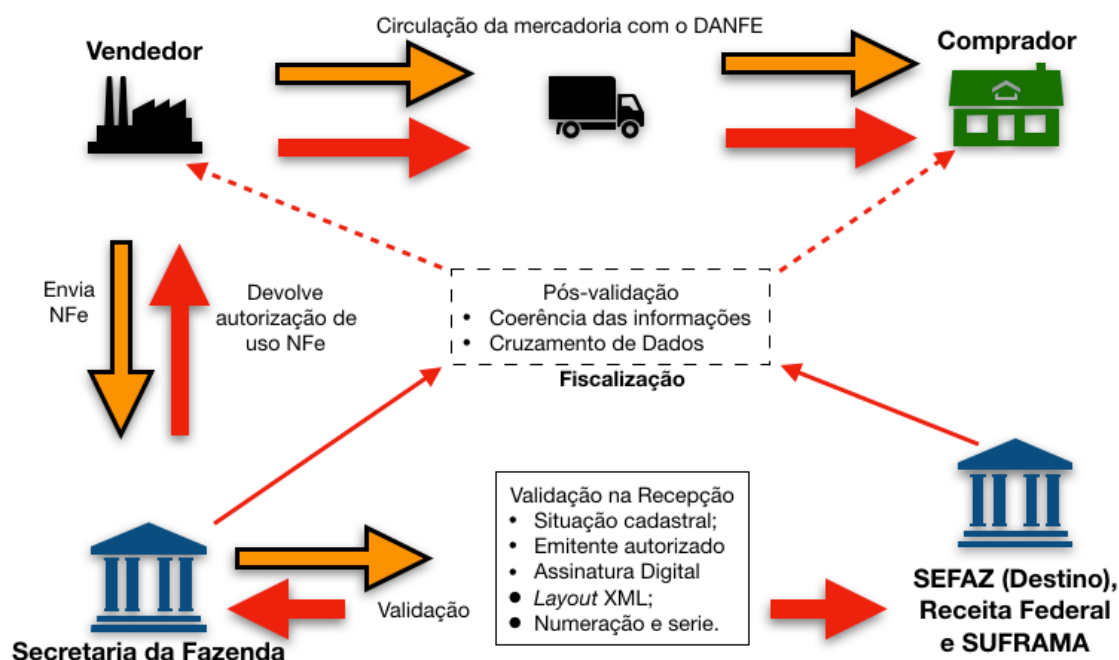


Figura 4-1 Fluxo operacional da NF-e.

Assim, entre os principais dados registrados na NF-e estão: a identificação da atividade econômica via CNAE²⁰; identificação da origem e o destino para cada transação, de acordo com o código postal CEP²¹ e o número de Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica - CNPJ ou Pessoa Física – CPF; o tipo de operação fiscal por médio do Código Fiscal de Operações e Prestações – CFOP²²; o tipo de mercadorias conforme nomenclatura comum do Mercosul – NCM; o volume, peso e valor das mercadorias transacionadas; a data de emissão e saída do documento; entre outros.

De forma complementar, na Figura 4-2 ilustra-se a configuração do banco de dados da metodologia de extração dos dados das NF-e, esquema útil para o entendimento dos elementos que compõem a estrutura do banco, junto com os relacionamentos concebidos no seu desenvolvimento.

²⁰ CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) é a classificação oficialmente adotada pelo Sistema Estatístico Nacional na Produção de Estatísticas por tipo de atividade econômica, e pela Administração Pública, na identificação da atividade econômica em cadastros e registros de pessoa jurídica (IBGE, 2016).

²¹ CEP: O Código de Endereçamento Postal <https://www.correios.com.br/para-voce/precisa-de-ajuda/o-que-e-cep-e-por-que-usa-lo>

²² CEOP: é o código fiscal de operações e de prestações de serviços das entradas de mercadorias e bens e da aquisição de serviços. Código composto por quatro dígitos para identificar a natureza da circulação da mercadoria ou da prestação de serviço de transportes e deve ser indicado nos documentos fiscais (CFOP, 2018).

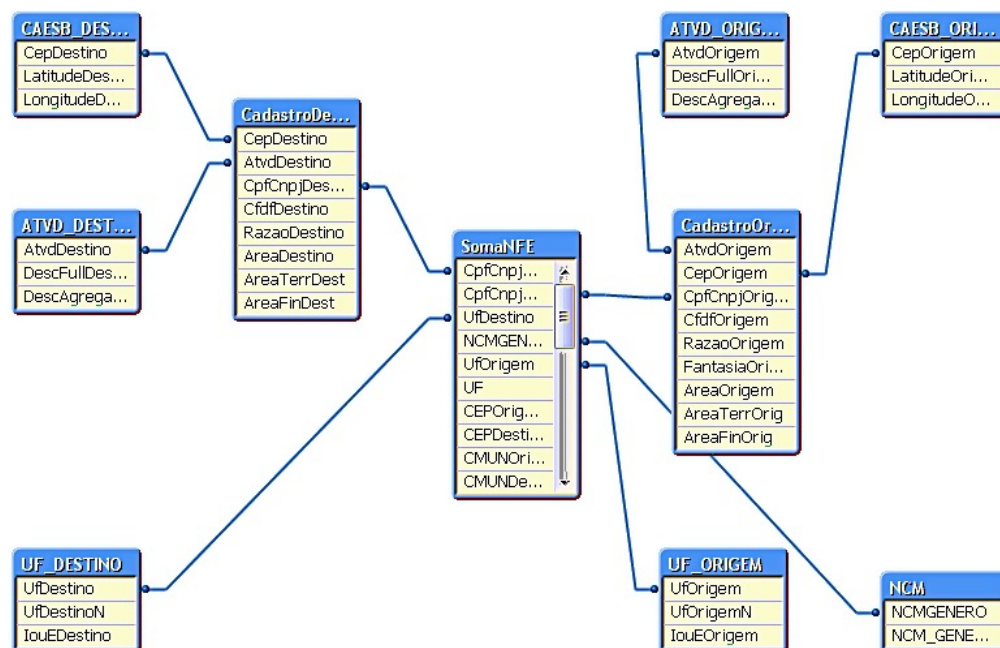


Figura 4-2 Estrutura do banco de dados.

4.2.2. NF-e: Validação dos dados

Conforme delimitado nesta pesquisa, utilizou-se apenas os dados das NF-e do Distrito Federal - DF, com origem e destino internos, dado que estes representam mais de 60% do total dos tipos de movimentos totais da Figura 3-9 (SANTOS, 2015). Além disso, há restrições em adotar os demais movimentos: os com destino externo não apresentam impacto significativo nos movimentos urbanos, e os de origem externa com destino interno foram caracterizados como de cargas fechadas para transbordo interno, cuja identificação da origem interna da distribuição ainda é de difícil mensuração.

A validação dos dados utilizados foi feita com os informados por uma distribuidora de bebidas do DF com forte participação de mercado, cujo nome não foi informado por questões de sigilo. Assim ficou demonstrado que existe uma aproximação significativa no uso da metodologia de extração, com 98% de acerto no número de entregas formuladas em pesquisa e as realizadas (SANTOS, 2008; 2015).

4.2.3. NF-e: Restrições e limitações dos dados de NF-e

Os dados das NF-e possuem campos destinados à identificação do volume e peso das mercadorias, bem como dados do transportador. No entanto estes dados possuem pouca precisão e exige um tratamento adequado. Segundo Santos (2015) na análise de 408.000

Notas Fiscais, cerca de 30% apresentaram inconsistências nos campos citados, possivelmente, devido ao fato que os emissores não são multados pela ausência destes dados.

A NF-e também não fornece dados precisos sobre o veículo usado no transporte, bem como não informa a área do estabelecimento da origem e do destino. Outra deficiência apresenta-se quando o emitente da NF-e é de origem externa (no caso, fora do DF) para determinadas operações. Nestes casos os dados das atividades das empresas – CNAE não são informados nas NF-e. Isto reforça o uso de dados provenientes de movimentos com origem interna. Também, existem diferentes formas na descrição dos endereços dos destinos, segundo Santos (2015), por serem registrados por diferentes emitentes em diversos períodos.

Também na pesquisa de Santos (2015) detectou-se inconsistências no campo do código CEP contidos na NF-e, o qual dificulta a estruturação do dado para o processo de localização e posterior georreferenciação. Isto força a recomendação de usar dados de endereço dos contribuintes via cadastro fiscal interligados pelo CNPJ (ver interligação entre dados da NF-e e o cadastro fiscal na Figura 4-2), que é considerado um dado preciso.

4.2.4. NF-e: Manutenção do sigilo fiscal

A Lei nº 12.527 de 18 de novembro de 2011 possibilita, a qualquer pessoa, física ou jurídica, sem necessidade de apresentar o motivo, o recebimento de informações públicas dos órgãos ou entidades (BRASIL, 2018). Omitem-se os dados que identificam as empresas, por exemplo, CNPJ ou Inscrição Estadual. Criam-se códigos específicos para as empresas apenas para relacionar as origens com os destinos.

Nesse contexto, foi realizado um convenio com a Rede de Pesquisa em Logística e Sustentabilidade Urbana da Universidade de Brasília para esta acessar aos dados das NF-e emitidas no Distrito Federal no ano de 2016.

Tendo como premissas o uso totalmente acadêmico e a manutenção do sigilo fiscal foram adotados os seguintes procedimentos pela SEF-DF:

- Omissão dos dados que identificam as empresas, por exemplo, Razão Social, nome de fantasia, CNPJ ou Inscrição Estadual. Foram criados códigos específicos baseados no CNPJ para as empresas e apenas para relacionar as origens com os destinos.

- Não utilização de dados relacionados ao valor ou descrição detalhada das mercadorias, apenas dados que especificam quantidade de entregas realizadas e os produtos identificados pelo seu NCM-Gênero, tendo como base a metodologia de Santos (2015). Portanto, não se teve acesso aos valores e marcas dos produtos transacionados.
- Fornecimento de dados apenas para o CNAE relacionado com bebidas, o que, como demonstra Santos (2015), representa a atividade mais representativa da quantidade de entregas urbanas, com cerca de 14% de participação no total de entregas realizadas no DF. Mantém-se o sigilo pois, mesmo por inferência, inviabiliza-se especificar de qual empresa se refere a distribuição ou venda em um rol de dados que envolvem mais de cinco empresas participantes neste mercado.
- Os dados das placas dos veículos foram convertidos em códigos, aleatórios.
- Os pontos de entrega são georreferenciados, tendo como base pontos de parada (meio de uma quadra, esquina) escolhidos aleatoriamente, o que torna uma tarefa árdua identificar a qual destino específico se refere a entrega.
- Os pontos de partida foram georreferenciados aleatoriamente e previamente dentro de uma área que não é a real.
- Todos estes procedimentos foram realizados pela Secretaria de Fazenda do Distrito Federal, que entregou os dados prontos e que apenas orientou seu uso.
- Mesmo mantido o sigilo, os dados são utilizados apenas para esta tese, com o intuito estrito de incrementar as pesquisas em transporte urbano de cargas. Os dados serão descartados assim que concluídos os trabalhos, e esta pesquisa foi submetida previamente a um Auditor Fiscal da SEFAZ-DF para que este atestasse a manutenção do sigilo nos comentários e resultados apresentados.

4.2.5. Dados complementares às NF-e

Para complementar dados considerados imprecisos extraídos das NF-e, a metodologia de extração utilizou os dados de cadastro fiscal da SEFAZ do DF. Foram utilizados os dados de endereço, código de atividade econômica, tipo de veículo, área total e área construída dos estabelecimentos emitentes e destinatários. (SANTOS, 2015).

Outra fonte complementar de dados foi a do código do CEP georreferenciado, informação vendida por diversas empresas, entre elas os CORREIOS²³. No caso deste estudo foram

²³ CORREIOS: <https://www.correios.com.br/>

utilizadas as informações fornecidas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, a CAESB²⁴, mesma fonte utilizada na metodologia de extração de Santos (2015).

4.3. SELEÇÃO E PREPARAÇÃO DOS DADOS

A natureza e magnitude dos dados selecionados para esta pesquisa requer uma metodologia que ajude, em primeiro lugar, a estruturação do fluxo de trabalho para a extração, para posterior limpeza, tratamento e análise dos dados registrados eletronicamente nas NF-e. Nesse sentido, a metodologia selecionada foi o modelo Crisp-DM (que deriva das siglas em inglês de *Cross-Industry Standard Process for Data Mining*) pelos motivos expostos a seguir.

4.3.1. Modelo Crisp-DM

Crisp-DM é uma metodologia descrita em termos de um modelo de processo hierárquico, utilizado para administrar ou orientar os trabalhos de mineração de dados – DM. Como características, este modelo oferece a descrição do ciclo de vida de uma mineração de dados e, como metodologia, inclui as descrições normais de um projeto, as tarefas necessárias em cada etapa e uma explicação das relações entre as tarefas. O fluxo do processo está exemplificado na Figura 4-3 (CHAPMAN et al. 2000).

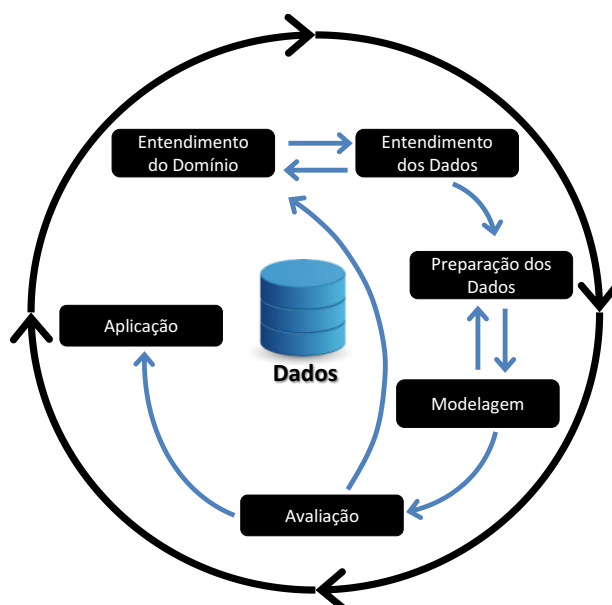


Figura 4-3 Representação do processo Crisp-DM.

Fonte: adaptado de Chapman et al. (2000).

²⁴ CAESB: <https://www.caesb.df.gov.br/>

Segundo Chapman (2000) o modelo Crisp-DM está estruturado em uma série atividades sequenciais:

- a) **Entendimento do assunto** (Objetivos e requerimentos desde uma perspectiva não técnica): nessa etapa, o foco é entender e estabelecer qual o objetivo que se deseja atingir com a DM.
- b) **Entendimento dos Dados** (Familiarizar-se com os dados, levando em conta os objetivos do assunto): para conhecer os dados, há que se realizar a compilação inicial, descrição, exploração e verificação da qualidade dos dados.
- c) **Preparação dos Dados** (Obter os dados para a mineração): Normalmente os dados não estão preparados. Portanto, é necessário realizar sua seleção conforme os objetivos, limpando, construindo e integrando os dados conforme seus respectivos formatos.
- d) **Modelagem** (Aplicar as técnicas de mineração dos dados): Nesta etapa são aplicadas as técnicas de mineração de dados. A seleção da técnica depende dos objetivos estabelecidos. Sendo assim, é selecionada a técnica, posteriormente é realizada a construção e a avaliação do modelo.
- e) **Avaliação** (Avaliação dos modelos da etapa anterior a fim de determinar se são úteis para as necessidades do negócio): São realizadas as avaliações dos resultados, a revisão do processo e o estabelecimento dos passos ou ações seguintes.
- f) **Distribuição** (Examinar a utilidade dos modelos, integrando-os nas tarefas de tomada de decisão): Dar a conhecer os resultados aos envolvidos. Para isso, é realizado um planejamento da distribuição do monitoramento e manutenção dos dados, com posterior elaboração do informe final e a revisão do projeto.

Para o propósito desta pesquisa, adaptou-se a metodologia Crisp-DM às características dos dados extraídos dos DF-e, conforme a metodologia de extração apresentada por Santos (2015).

4.3.2. Adaptação do Modelo CRISP-DM

Com foco no objetivo de planejamento voltado ao TUC, na Figura 4-4 é apresentado o resultado da adaptação do modelo CRISP-DM às características e necessidades deste trabalho acadêmico.

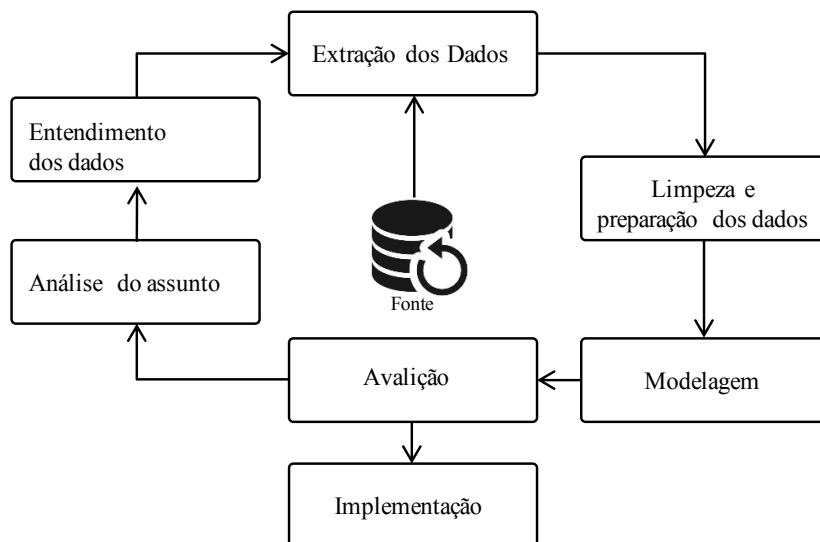


Figura 4-4 Metodologia Crisp-DM adaptada para esta pesquisa.

Na sequência, este processo possibilitou uma análise estruturada, onde, inicialmente, entende-se a estrutura do banco de dados fornecido, por meio de um processo iterativo, com posterior exploração e verificação dos dados. Isto permite agilizar posteriores tratamentos dos dados, uma vez que se focaliza em uma parte dos dados do banco, orientado pela particularidade de cada análise.

Em seguida, os dados são extraídos em concordância com cada um dos propósitos específicos desta pesquisa, por exemplo, identificar os principais segmentos de carga movimentados na região, os pares O/D por segmento para cada período de análise. Após este processo, executa-se a limpeza e preparação dos dados, para gerar os insumos básicos para as modelagens.

Com os dados prontos, modela-se e avaliam-se os resultados. No caso em que os resultados não forem os esperados, inicia-se um novo ciclo adequando e ajustando o processo, até conseguir a implementação satisfatória.

Assim, a aplicação da metodologia Crisp-DM adaptada permite tratar as particularidades do banco de dados, principalmente com o intuito de gerar os insumos fundamentais tanto para a estruturação da pesquisa, quanto para às análises dos submodelos e processo internos de cada fase da metodologia de planejamento do TUC proposta.

5. METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DO TUC E APLICAÇÃO

Os dados das NF-e tratados e organizados, possibilitam o entendimento da dinâmica da carga na área urbana com expressivo nível de detalhe, abrangência e atualização contínua a um baixo custo (SANTOS, 2015). Nesse sentido, o presente capítulo aborda a proposta da metodologia para o planejamento do TUC. Os dados usados nesta proposta são provenientes das NF-e, relativos ao período de janeiro a abril de 2016 e do cadastro fiscal de janeiro de 2017.

5.1. METODOLOGIA PROPOSTA PARA O PLANEJAMENTO DO TUC

A metodologia proposta é estruturada em seis fases (Figura 5-1), descritas a seguir. Cada fase visou fornecer os insumos necessários para avaliar políticas ou medidas que, de acordo com a definição de objetivos e metas, possibilitem obter resultados que contribuam no processo de planejamento do TUC.

5.1.1. Fase 1 – Definição do objetivo de estudo

Inicialmente, deve-se determinar o propósito da análise, foco de estudo, por meio da definição do objetivo a ser alcançado. Essa definição auxilia na sua delimitação que, por sua vez, direciona o dimensionamento da análise de planejamento. Isto porque os objetivos do estudo podem variar se voltados para a resolução de problemas do TUC; eficiência do sistema; mitigação de impactos decorrentes da movimentação de carga; segurança viária, estrutura urbana; entre outros. Definido o objetivo, faz-se necessário delimitar o escopo e horizonte do estudo, considerando sua relevância na mobilidade urbana.

5.1.2. Fase 2 – Definição da área de estudo

Com o objetivo definido e em conformidade com os tipos de movimentos de carga selecionados (Figura 3-9), faz-se necessário definir a área e a abrangência do estudo a ser realizado considerando seus limites físicos e geográficos, assim como, descrever as características socioeconômicas para entender melhor a demanda do TUC. Caso o objetivo do estudo demande a análise de mais de um tipo de movimento, recomenda-se analisá-los de forma independente, pois o comportamento do TUC pode ser distinto para cada um deles. Exemplo: nos movimentos interestaduais espera-se que ocorram mais movimentos com carga fechada (*full load*) com origens e destinos unitários e, neste caso, modelos agregados com estruturas podem atender melhor à modelagem.

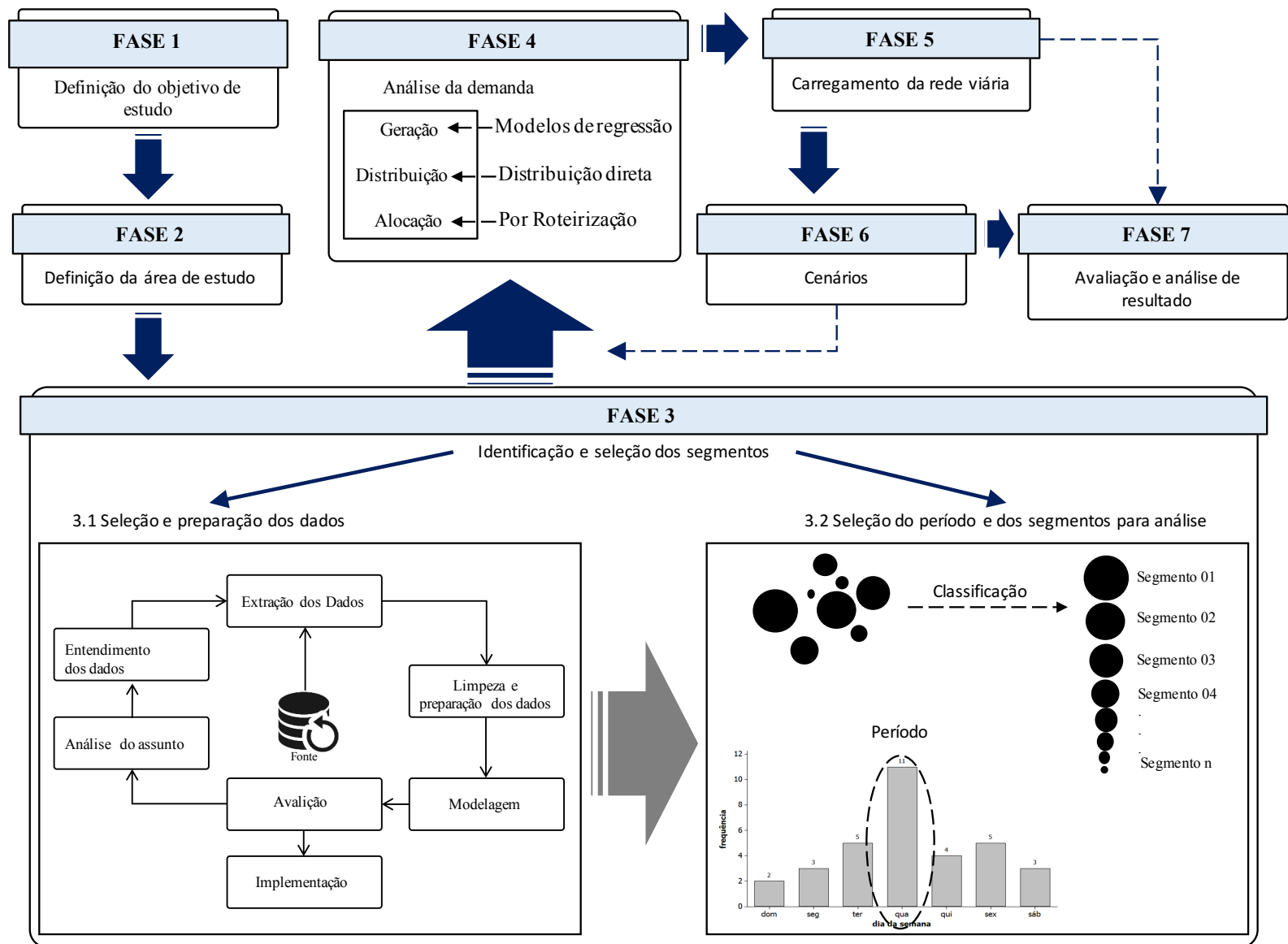


Figura 5-1 Metodologia proposta para o planejamento do TUC.

5.1.3. Fase 3 – Identificação do período e dos segmentos de produtos para análise

Como já foi comentado anteriormente, uma das dificuldades que apresenta o estudo do TUC é a variedade grande de produtos que são movimentados em uma região urbana, usando para isso uma diversidade imensa de veículos e capacidade, de características diferentes principalmente quanto se refere ao transporte rodoviário.

Assim, das análises exploratórias preliminares realizadas e do estudo de Santos (2015) indica-se a necessidade de identificação desses produtos por segmento, usando o código da própria estrutura do DF-e recomenda-se que se use o código da Nomenclatura Comum do Mercosul – NCM²⁵ ou o código da Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE²⁶. Essa identificação permite tratar e preparar o banco de dados para o desenvolvimento desta fase do trabalho.

Subfase 3.1 – Escolha do ano-base de estudo

É importante escolher o ano-base da análise dos dados, procurando que seja o período mais recente, que já haja sido consolidada, para realizar as subfases seguintes.

Subfase 3.2 Seleção e preparação dos dados

Para a seleção e preparação dos dados, recomenda-se seguir a metodologia adaptada do modelo *Crisp-DM* que consiste em: a) realizar o entendimento dos dados; b) extrair os dados por meio da metodologia proposta por Santos (2015) com o suporte de uma ferramenta de manipulação de *big data*, como o *QlikView*; c) tratar os dados, usando a mesma ferramenta de extração ou outro tipo de ferramenta que se adeque ao tamanho do banco de dados, como por exemplo a linguagem R²⁷ e Python²⁸ sob a plataforma *Jupyter*²⁹, todas estas, de acesso livre (*Open source*). Isto é possível pois, no processo de extração existe a possibilidade de

²⁵ NCM – Nomenclatura Comum do Merco Sul: é um método internacional de classificações de mercadorias, baseado em uma estrutura de códigos e respectivas descrições. Este método foi criado para promover o desenvolvimento do comércio internacional, assim como aprimorar a coleta, a comparação e as análises das estatísticas, particularmente as de comércio exterior (NCM, 2017).

²⁶ CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) é a classificação oficialmente adotada pelo Sistema Estatístico Nacional na Produção de Estatísticas por tipo de atividade econômica, e pela Administração Pública, na identificação da atividade econômica em cadastros e registros de pessoa jurídica (IBGE, 2016).

²⁷ R é uma linguagem de programação, voltada para análise estatística e produção de gráficos. Esta ferramenta pode ser executada em uma grande variedade de plataformas (<https://www.r-project.org>).

²⁸ Python é uma linguagem de programação que permite trabalhar facilmente e integrar os sistemas com facilidade (<https://www.python.org>)

²⁹ Jupyter é um aplicativo web que possibilita visualizar dados e resultados de análises, juntamente com código. Permite o uso de múltiplas linguagens, tendo por default Python (<http://jupyter.org>)

exportar os dados para formatos compatíveis com outros aplicativos (*software*), como por exemplo: .txt ou .csv³⁰.

Subfase 3.3 – Seleção dos segmentos

Classificam-se os dados de acordo ao volume de carga movimentado para cada segmento de carga, usando como identificador o código NCM ou CNAE. Na sequência, são definidos os principais segmentos de carga para análise, de acordo com o objeto definido para o estudo. No processo de hierarquização, recomenda-se o uso do total de entregas realizadas, devido à consistência dos dados desta variável nas NF-e (SANTOS, 2008; 2015).

Essa subfase identifica os segmentos ou atividades com maior participação nos movimentos de carga que se geram na área de estudo, assim como fazer uma hierarquização dos mesmos. Isso permite estudar o comportamento e característica de um determinado segmento na distribuição de mercadorias e nas movimentações totais, pode ser representado por segmentos específicos representativos. Tal processo facilita a operacionalização do estudo, visto que uma análise agregada dos segmentos, além de passível de erros, pode se tornar inviável pela magnitude dos dados e tecnologia para manipulá-los.

Uma vez escolhido o segmento ou segmentos (objeto de estudo) realiza-se uma análise mais detalhada dos dados específicos de cada segmento no ano-base para detectar se apresentam sazonalidade, tendências ou regularidade da demanda. Em função do comportamento da demanda, escolhe-se um período típico de análise, que pode ser de uma semana, observando se a conduta dos dados é similar ao longo do ano base de estudo.

5.1.4. Fase 4 – Análise da demanda de carga

Após a definição dos segmentos é realizada a análise da demanda de carga. No entanto, é importante ressaltar que, a análise da demanda é unicamente um componente do processo de planejamento (OGDEN, 1992a). Nesse sentido, no intuito de interpretar os movimentos de mercadorias na área urbana, autores como Holguín-Veras e Thorson (2000), Ogden (1992a) e Portugal (2012) consideram mais apropriado que este tipo de análise esteja

³⁰ txt: arquivo de texto; cvs: é um arquivo com valores separados por vírgula.

baseada no volume de mercadorias. Porém, para o TUC sugere-se, o número de entregas como medida, cuja justificativa será tratada posteriormente.

Tendo como referência as estruturas sugeridas por Ogden (1992a; 1992b), é adotado como base o submodelo analítico apresentado no item 3.1 e ilustrado na Figura 3-5, o qual inclui cinco etapas sequenciais com possibilidade de reduzi-las em três etapas. O resultado deste submodelo relacionado com as mercadorias é ilustrado na Figura 5-2, no qual contam três etapas: Geração de carga; Distribuição de carga; e, Alocação de tráfego, onde esta última etapa é efetuada por meio de roteirização.

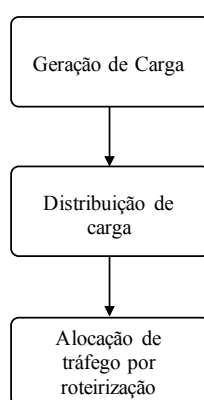


Figura 5-2 Estrutura do submodelo para o planejamento.

Portanto, na sequência, essas etapas sequenciais são replicadas em consonância com a topologia de dados das NF-e.

Subfase 4.1 – Geração de carga

Primeiramente, identifica-se o padrão de atração/produção da movimentação de carga por CEP para o período selecionado. Posteriormente, busca-se analisar a correlação entre os dados disponíveis na estrutura do banco de dados (se for possível ainda com outras fontes de dados complementares). Caso esta correlação seja baixa, recomenda-se caracterizar os empreendimentos e identificar os que sejam similares (PORTUGAL, 2012).

Para tal caracterização, utilizou-se a área do terreno e a área construída pela sua disponibilidade no banco de dados dos DF-e e com base na classificação proposta pelo Denatran no Art. 36. do Manual de Procedimentos para o Tratamento de Polos Geradores de Tráfego (DENATRAN, 2001). Na Tabela 5-31 é apresentada esta caracterização.

Tabela 5-1 Caracterização dos empreendimentos.

CATEGORIA DO EMPREENDIMENTO	ÁREA CONSTRUÍDA (m²)
Pequeno porte	Até 100
Médio porte	Entre 100 e 400
Grande porte	Superior a 400

Fonte: Adaptada de DENATRAN (2001).

Após a caracterização dos empreendimentos, deve-se definir as variáveis independentes que serão utilizadas, observando o comportamento destas conforme o teste de correlação, de forma que consigam explicar de forma adequada o comportamento da movimentação da carga. Para a modelagem, recomenda-se usar a plataforma *Jupyter*, a qual facilita realizar este tipo de análise e avaliação dos resultados. Caso for necessário relacionar variáveis complementares, usa-se outras fontes de dados existentes tais como os dados disponibilizados no IBGE³¹, tentando descobrir novos relacionamentos entre as variáveis de atração/produção, a fim de procurar ou aprimorar as funções explicativas do movimento da carga.

Posteriormente, referenciam-se os resultados desta etapa, utilizando ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica – SIG. Tal ação facilita a visualização, entendimento e análise dos dados.

Subfase 4.2 – Distribuição direta de carga

Com o resultado da etapa anterior, obtém-se a base para alimentar o processo de distribuição, o qual tem por objetivo distribuir as cargas produzidas e demandadas entre os pontos de tráfego consideradas, obtendo como resultados o fluxo de carga (L_{ij}) para cada par O/D do segmento em análise.

De acordo com a proposta de Ogden (1992a), e em concordância com a topologia dos dados dos DF-e (as NF-e fornecem o emitente e o destinatário de cada transação), esta etapa pode ser simplificada, uma vez que os dados coletados revelam o total de carga transportada desde uma origem i para seus destinos j para cada um dos segmentos de carga representado pelo número de entregas ou por outro atributo que estiver disponível na estrutura do DF-e.

³¹ IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <http://www.ibge.gov.br/home/>

Subfase 4.3 – Alocação das viagens por roteirização

Após a distribuição de carga, é necessário converter os volumes de carga em viagens de veículos de carga (V_{ij}). Segundo Ortúzar e Willumsen (2011) a alocação de viagens é realizada considerando um dos principais interesses nas análises de sistemas de transporte, a qual, normalmente consiste em estimar o número de viagens de veículos de carga entre uma zona origem i e uma zona destino j através de uma rede viária.

Conforme exposto, para o TUC propõe-se realizar este processo através de uma heurística de roteirização, devido a que a maioria das entregas nas áreas urbanas são cargas fracionadas e, considerando o fato que os veículos em regra retornam às suas bases uma vez realizadas todas as entregas. A bibliografia mostra que esse é o procedimento mais utilizado pelas empresas na distribuição de seus produtos para clientes varejistas e consumidores finais. Santos (2008) identificou que este é o processo utilizado para geração de viagens por empresas distribuidoras de bebidas, tendo como base os pedidos de vendas amparados por NF-e.

Em geral, esses tipos de empresa consolidam os pedidos no mesmo dia e no dia seguinte fazem as entregas. O procedimento se realiza da seguinte forma: a empresa recebe ou levanta os pedidos no dia e os repassa as áreas de faturamento, produção e transporte; a área de faturamento emite as NF-e; a área de produção monta os lotes; a área de transporte cria as rotas de entrega, especificando a sequência de entregas dos pedidos; a área de expedição carrega os veículos conforme o mapa de rota e anexa as NF-e a cada pedido. O mapa de rotas é feito pelas grandes empresas por meio de roteirizadores calibrados com parâmetros relacionados ao nível de serviço adotado. Essas empresas mantêm bancos de dados atualizados dos clientes integrados a esses softwares logísticos, que facilitam a montagem e programação de rotas de entregas de seus produtos nos mercados consumidores.

De acordo com Sivakumar (2007) existem vários algoritmos e heurísticas que são comumente aplicadas nos modelos de roteirização. No caso específico do TUC, conforme a arquitetura dos dados registrados nos DF-e e da ferramenta computacional selecionada para esta pesquisa, emprega-se a modelagem heurística para roteirização dos nós³² desenvolvida

³² Nó, segundo a teoria dos grafos, é a união de dois ou mais *links*.

por Clarke e Wright (1964) (APÊNDICE D) e, incorporada no *software* TransCad³³ da Caliper Corporation. Segundo Novaes (2004) esta metodologia heurística tem como objetivo gerar rotas que considerem restrições de tempo e de capacidade, e que procura minimizar a distância total a ser percorrida pelos veículos de carga.

CrITÉRIOS para a roteirização

Segundo Daganzo (2005) há três limitadores de carregamento de veículos de carga: cubagem, que é o espaço volumétrico requerido; peso, inerentemente ligada à capacidade de transporte do veículo e da estrutura viária; e, número de entregas, relacionado com o tempo de entrega. Neste trabalho utilizou-se como referência a quantidade de entregas, isto porque:

- Por falta de dados precisos sobre o volume das mercadorias e da capacidade volumétrica dos veículos.
- Segundo Manzano dos Santos e Sánchez-Díaz (2016), em pesquisa realizada com transportadores de carga fracionada no Distrito Federal, o número de entregas é a limitação mais significativa no espaço urbano (65% dos carregamentos das transportadoras pesquisadas utilizam este critério para a distribuição de cargas fracionadas no DF).
- Um dos principais requerimentos no módulo utilizado para roteirização é o número de entregas/dia/veículo, fator que, infere-se, é mais aderente à realidade da distribuição de carga urbana realizada com múltiplas entregas em um ambiente de tráfego intenso.

Nesse contexto é interessante ressaltar que, devido ao segmento analisado neste trabalho (bebidas), identificou-se forte consistência para os dados relacionados com as placas dos veículos listados nas NF-e. Isto permitiu identificar os padrões de carregamento de cada empresa por data de emissão das NFe's.

Santos (2008) fornece uma explicação para isto: as distribuidoras de bebidas utilizam as placas dos veículos para orientar o carregamento baseado na roteirização, e esta informação é disponibilizada na NF-e para se evitar erros nas entregas. No mais cabe uma ressalva em validar se esta característica existe para outros segmentos escolhidos. Espera-se também que este tipo de informação venha a ser mais precisa no processo evolutivo de uso das NFe's.

³³ TransCad é um *software* de planejamento de transporte com plataforma de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Outro aspecto relevante é que foram adotados horários padrão de saída e chegadas dos veículos para o segmento de bebidas, e não foram estipuladas restrições de horário para simplificar o modelo, até porque este tipo de parametrização é evitado pelas distribuidoras (Santos, 2008).

5.1.5. Fase 5 – Carregamento da rede viária

Nesta fase são adicionados os atributos da rede viária e utilizados os dados obtidos na Fase 4. Em outras palavras, para cada *link* (arco) da rede viária usada para a movimentação da mercadoria, é adicionado um ou vários atributos característicos do segmento de carga, por exemplo: total de veículos que atravessaram, valor das mercadorias, peso das mercadorias ou número de entregas. Os atributos a serem utilizados dependerão dos objetivos da análise.

Posteriormente, com os resultados desta fase e por meio de ferramentas SIG, obtém-se mapas de carregamento da rede viária. Isto possibilita uma melhor interpretação e compressão dos resultados obtidos, tais como: principais corredores utilizados na distribuição de carga; identificação de possíveis gargalos ou pontos críticos para o tráfego; e, regiões de maior solicitação da infraestrutura.

5.1.6. Fase 6 – Criação e análise de cenários de avaliação

A partir dos resultados obtidos obtém-se o que se denominou de cenário base. A partir dele é possível a criação de cenários focados na análise de medidas ou políticas. Cenários que são construídos de acordo com objetivos específicos, e articulados dentro do processo de planejamento como, por exemplo, na avaliação de:

- Locais para carga e descarga
- Efeitos das restrições na circulação, tais como de horários, de rotas ou de tipo de veículos.
- Projetos de infraestrutura viária.
- Emissões.
- Novos pontos de consolidação e distribuição de carga.

Para os casos de cenários com diferentes horizontes de projeto, recomenda-se usar os modelos existentes vinculando taxas de crescimento, baseadas nos dados históricos dos DF-e. Por exemplo, no caso específico do DF, segundo Santos (2015), tem-se dados desde janeiro de 2009.

Uma vez criados os cenários, aplica-se novamente a fase 4 (análise da demanda) e, procede-se à comparação dos resultados obtidos para cada cenário com o cenário base, de acordo com os objetivos propostos nas fases iniciais desta metodologia.

5.1.7. Fase 7 – Avaliação e análise dos resultados

Os resultados, produto das diferentes avaliações executadas de acordo com os cenários propostos, são apresentados nessa fase. Inicialmente, elabora-se o diagnóstico da situação atual do sistema baseado nos dados do ano base, elemento essencial no processo de planejamento do TUC.

Um dos principais objetivos desse diagnóstico é entender melhor o comportamento do TUC. Posteriormente, o comparativo dos cenários permite avaliar seu comportamento ao longo do tempo ou em diferentes situações, buscando entender como diferentes fatores (crescimento do PIB e populacional, espalhamento urbano e disseminação de empreendimentos) afetam o TUC e este, por sua vez, impacta o tráfego e ambiente urbanos. Como reflexo desse melhor entendimento, espera-se dar maior embasamento para que gestores tracem as políticas, as ações ou as medidas de intervenção no espaço urbanos e, enfim, passem a considerar o planejamento deste tipo de sistemas de transporte.

5.2. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

Este capítulo analisa a aplicação da metodologia proposta para o planejamento do TUC. Esta aplicação foi realizada no Distrito Federal – DF considerando o período de 2016. Suas etapas seguem as da metodologia descrita no Capítulo anterior.

5.2.1. Fase 1 – Definição do objetivo do estudo

Conforme exposto, para este trabalho foram considerados somente os movimentos do tipo interno – interno no espaço urbano do DF.

Adotou-se como objetivo de estudo a identificação dos principais corredores utilizados para o escoamento da carga, que segundo Ogden (1992a) e dentro do planejamento do TUC, pode ser de grande utilidade no intuito de otimizar a distribuição das mercadorias através de políticas concebidas com participação de todos os atores envolvidos. Como teste teórico, propõe-se avaliar hipoteticamente o efeito da implementação de um novo ponto de consolidação e distribuição de carga.

5.2.2. Fase 2 - Definição da área de estudo

Brasília é a capital do Brasil, integra a unidade federativa do Distrito Federal (DF), localizada no planalto central, na região Centro – Oeste do Brasil. Diferentemente dos demais estados do país, o DF não é dividido em cidades e bairros, sendo composto por 31 Regiões Administrativas – RA's³⁴ oficialmente constituídas como dependentes do Governo de Brasília (GDF, 2016), conforme ilustrado na Figura 5-3. Brasília é representada pela RA do Plano Piloto.

Segundo o censo demográfico de 2010, a população estimada para o Distrito Federal para 2016 foi de 2.977.216 habitantes, com uma participação de 96%³⁵ das pessoas que vivem na área urbana (IBGE, 2010).



Figura 5-3 Regiões Administrativas do Distrito Federal.

Fonte: IBGE (2016).

³⁴ Regiões Administrativas do Distrito Federal: Plano Piloto, Gama, Taguatinga, Brazlândia, Sobradinho, Planaltina, Paranoá, Núcleo Bandeirante, Ceilândia, Guará, Cruzeiro, Samambaia, Santa Maria, São Sebastião, Recanto das Emas, Lago Sul, Riacho Fundo, Lago Norte, Candangolândia, Águas Claras, Riacho Fundo II, Sudoeste/Octogonal, Varjão, Park Way, SCIA, Sobradinho II, Jardim Botânico, Itapoã, SIA, Vicente Pires e Fercal.

³⁵ Percentual calculado com o total da população de 2010. Censo demográfico 2010 (IBGE, 2010).

O DF lidera o ranking de Produto Interno Bruto – PIB per capita do país, com um valor de R\$ 73.971,05 (2015). Possui um expressivo mercado de consumo com renda per capita maior que a nacional, de R\$ 2.548 em 2017, com uma taxa de motorização de aproximadamente 0,6 veículos/pessoa, onde a principal atividade econômica resulta da sua função administrativa IBGE (2018). Por outro lado, segundo o DNIT (2018) o DF possui um total de 340,36 km de vias pavimentadas, das quais 223,66 km estão sob jurisdição Federal.

Posto isso, como área de estudo, considerou-se a delimitada pelo limite geográfico do DF. Portanto, os dados a serem extraídos das NF-e pertencerão somente aos movimentos internos - internos registrados no DF no período de janeiro até abril de 2016. Na Figura 5-4 é apresentada a localização e a área de estudo considerada.

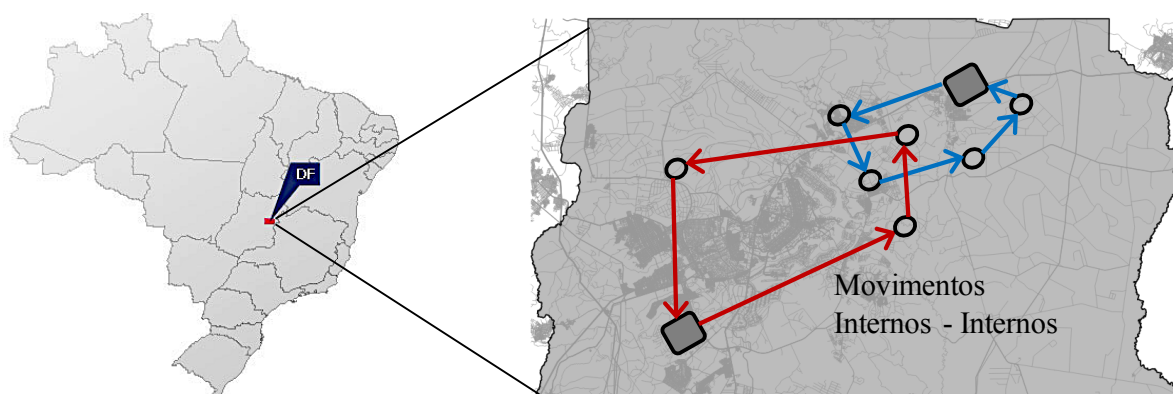


Figura 5-4 Área de estudo – Distrito Federal.

É importante mencionar que, como tratado na delimitação desta pesquisa, somente foram consideradas as transações comerciais diretas com vendas de mercadorias informadas nas NF-e, documento eletrônico, principal fonte desta pesquisa.

5.2.3. Fase 3 – Identificação do período e dos segmentos de produtos para análise

Conforme exposto na metodologia, as etapas seguintes foram executadas de modo a descrever como os dados foram analisados e o porquê da seleção do segmento de bebidas.

Subfase 3.1 – Escolha do ano-base de estudo

Conforme a disponibilidade dos dados das NF-e e do recurso computacional, o ano 2016 foi o considerado como base para este estudo. No entanto cabe informar que se tem dados disponíveis desde 2009 (Santos, 20015).

Subfase 3.2 – Seleção e preparação dos dados

A análise exploratória dos dados serviu para detectar os campos necessários para o processo de identificação e seleção dos segmentos e definição período da análise. As análises se basearam nas variáveis o código NCM, descrição do código NCM, total de entregas/dia e as datas de emissão das NF-e.

A consulta foi exportada no formato (.csv) compatível com a plataforma *Jupyter*, onde ocorreu o processo de limpeza e preparação dos dados segundo a estrutura do *CRISP-DM*. Assim, dentro deste processo foram identificados os possíveis dados atípicos (*outliers*) sendo estes tratados ou simplesmente descartados. Com resultado obteve-se um total de entregas por código NCM para o movimento interno-interno do DF no período de análise. Na Tabela 5-2 apresenta-se uma amostra do resultado obtido.

Tabela 5-2 Amostra da consulta exportada para Excel.

CÓDIGO NCM	DESCRIÇÃO	TOTAL ENTREGAS
1	Animais vivos	6788
2	Carnes e miudezas	408589
3	Peixes	62751
4	Comestíveis de animais	244167
5	Outros origem animal	1743
6	Floricultura	10430
7	Hortícolas	130081

Subfase 3.3 – Seleção dos segmentos

Segundo Santos (2015) na movimentação do tipo interno-interno, o segmento das bebidas é o tipo de mercadoria com maior participação, com cerca de 14 % do total de entregas realizadas no DF, seguido de materiais elétricos com pouco mais de 7%. Resultado similar evidenciado no período de 2016, onde o segmento de bebidas mostrou uma participação (14,69%), seguido de materiais elétricos (8,13%), conforme ilustrado na Figura 5-5.

Assim pode-se observar que o segmento de “Bebidas, líquidos alcoólicos e vinagres”, cujo código é o 22, segundo a Nomenclatura Comum do Mercosul - NCM, representa a mercadoria com maiores operações do tipo interno-interno no DF, um dos motivos pelos quais foi selecionado para este trabalho.

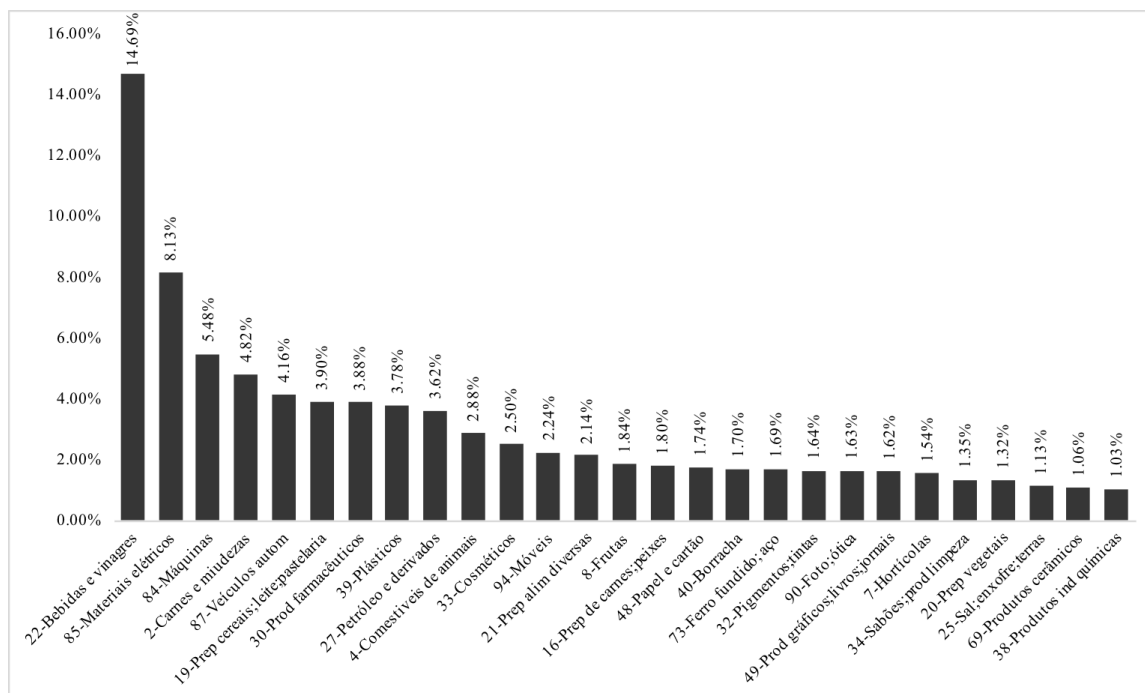


Figura 5-5 Participação por segmento, operações internas-internas.

Ao aprofundar a análise desse segmento, identificou-se similaridade na quantidade de entregas nos dias úteis da semana (segunda-feira até sexta-feira), sendo a quarta-feira como o dia com mais emissões de NF-e, com entregas possivelmente realizadas na quinta (Santos, 2008). Já no final de semana o movimento diminui significativamente para 8,43% no sábado e 0,33% no domingo. Verificou-se também o mesmo comportamento ao se comparar este segmento com os demais (Figura 5-6). De posse dos resultados, definiram-se três grupos de períodos para análise: dia útil, sábado e domingo.

Definido o segmento e o período de análise, continua-se na próxima fase com a análise da demanda.

5.2.4. Fase 4 – Análise da demanda de carga

Na análise e previsão da demanda para o segmento NCM 22 realizou-se um diagnóstico sobre as principais áreas geradoras atratoras de carga que não são necessariamente os consumidores finais do produto.

Em conformidade com a estrutura para a análise da demanda, adaptada da proposta de Ogden (1992a), a seguir apresentam-se o desenvolvimento das referentes subfases (geração de carga, distribuição de carga e alocação por roteirização).

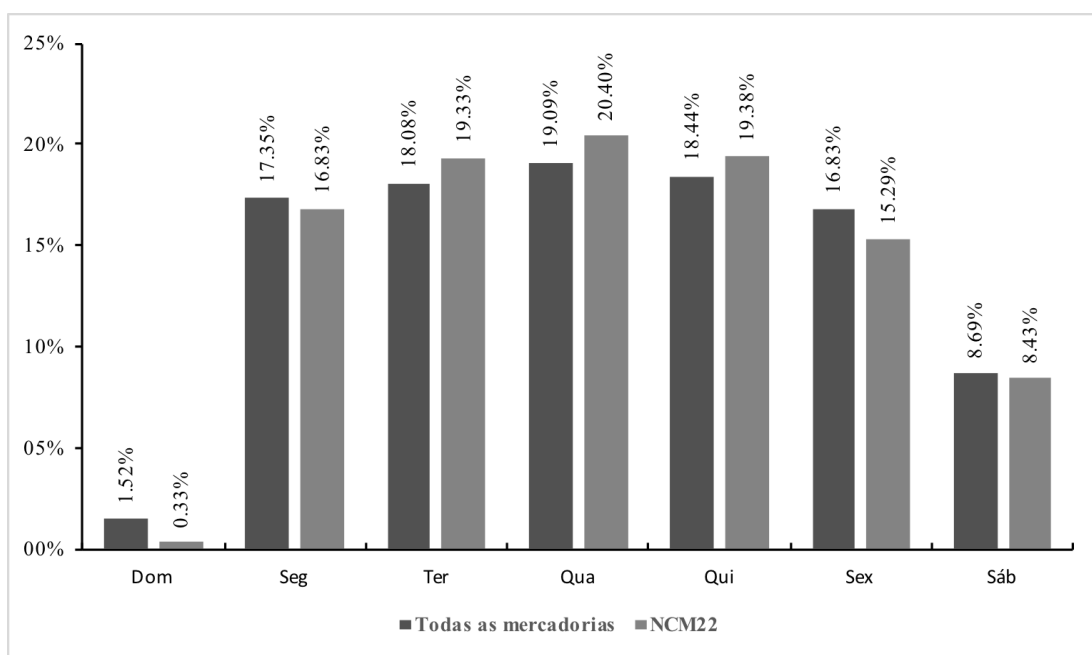


Figura 5-6 Distribuição média de entregas de veículos de carga por dia da semana.

Subfase 4.1 – Geração de carga

Os dados extraídos foram: coordenadas geográficas (Latitude, Longitude) da origem e do destino, data de emissão da NF-e quantidade de entregas ou peso das mercadorias.

Por médio da ferramenta *TransCad*, após a análise, foram georreferenciados os resultados, de forma que permitisse ilustrar a distribuição geográfica das produções. Observou-se claramente as áreas que concentram as produções deste segmento nos períodos considerados, como apresentado na Figura 5-7.

De forma similar, analisou-se o comportamento para o os períodos sábado e domingo (Figura 6-4 e Figura 6-5 do Anexo E). Para o dia sábado, a pesar da redução do volume de entregas, tem-se uma constante nos locais revelados para este período. Já no dia domingo, comparado com os outros períodos, nota-se uma distribuição diferenciada e de baixo volume, com várias áreas distribuidoras, possivelmente empresas de menor porte ocupando espaços da distribuição interrompida pelos principais distribuidores.

Em relação às áreas receptoras do segmento de carga NCM 22, para o período útil da semana, observa-se concentrações que representam as maiores solicitações deste segmento de carga, como ilustrado na Figura 5-8.

Para o sábado, a diminuição apresentada mostrou um comportamento análogo ao dia útil, com um volume menor de solicitações. É possível perceber que os principais pontos receptores de carga, como mostrado na Figura 6-6 do Anexo E, coincidem com os locais dos geradores pois provavelmente são intermediários do processo de distribuição dos produtos. No domingo é relevante destacar uma maior dispersão na concentração de solicitações na área do plano piloto, como também nas regiões de Candangolândia, Taguatinga e Vila Planalto (Figura 6-7).

Também é possível relacionar os dados obtidos com os coletados por outros órgãos públicos, tais como pelo IBGE, para produzir análises adicionais que relacionem as entregas de mercadorias com aspectos socioeconômicos que permitam entender melhor a dinâmica do TUC. De acordo com Portugal (2012) para a elaboração de modelos de geração de carga é importante realizar a caracterização dos empreendimentos envolvidos na distribuição de cargas, e identificar os que sejam similares.

Nesse contexto, também procurou-se identificar um padrão de produção/atração de movimentação de carga, por meio da correlação existente entre as variáveis dos dados extraídos para o movimento do segmento de carga NCM 22, sendo utilizada a área do terreno e a área construída conforme a classificação dos empreendimentos do DENATRAN (2001). Vale ressaltar que foi criada a categoria Porte Especial, devido à identificação expressiva de empreendimentos com áreas superiores a 400 m² (Tabela 5-3).

Tabela 5-3 Caracterização dos empreendimentos do DF (NCM 22).

CATEGORIA	PARTICIPAÇÃO NAS ENTREGAS	ÁREA CONSTRUÍDA (m²)
Pequeno porte	0,9%	Até 100
Médio porte	1,1%	Entre 100 e 400
Grande porte	1,3%	Entre 400 e 1.000
Porte especial	96,8%	Superior a 1.000

Os empreendimentos de porte especial têm o 96,8% da distribuição do segmento NCM 22. Deduz-se que este segmento está concentrado em grandes empresas que, segundo Santos (2008) tem processos de roteirização bem definidos.

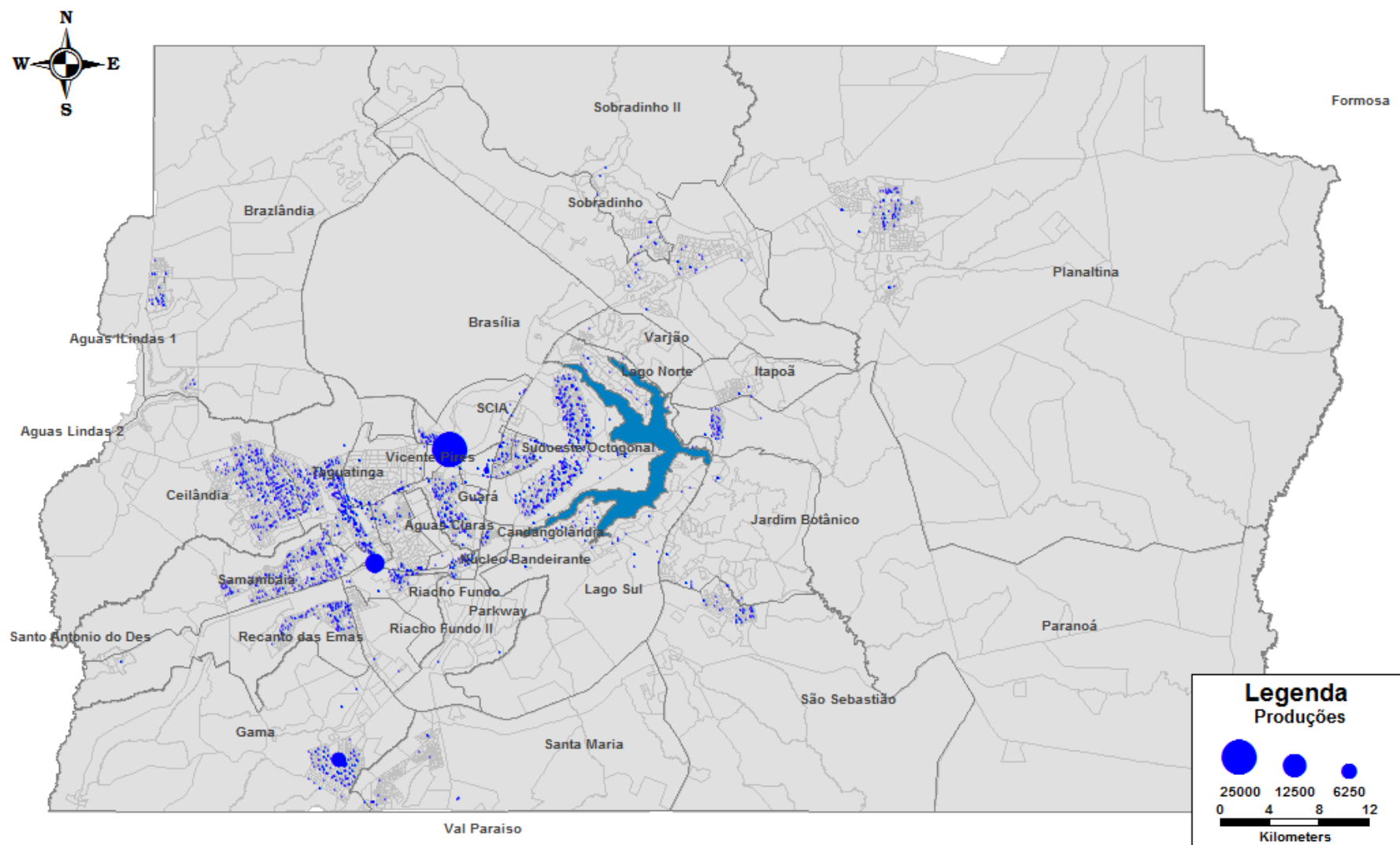


Figura 5-7 Produção de carga, NCM 22, período útil da semana.

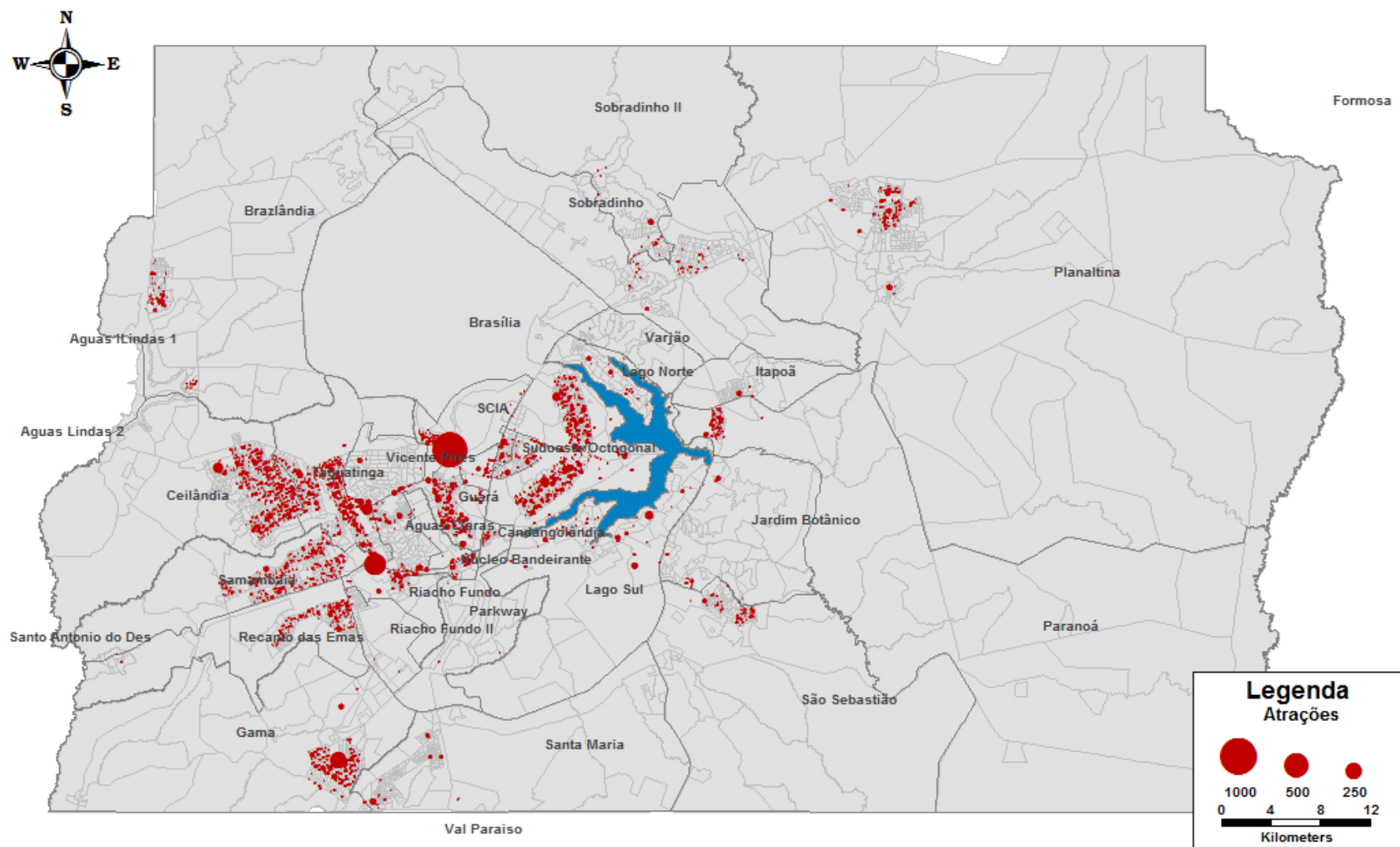


Figura 5-8 Destino de carga, NCM 22, período útil da semana.

Avançando na análise foi construído um modelo para estes tipos de empreendimentos. Inicialmente selecionadas as respectivas áreas construídas como variável independente por motivos já expostos e como variável dependente o volume de carga, representado pelo peso total da carga. Na análise, observou-se uma forte correlação entre estas variáveis (correlação linear de Pearson de 0,9392494). A (Figura 5-9), mostra dois grupos de destaque dentro dos empreendimentos de Porte Especial, os quais foram isolados e trabalhados independentemente.

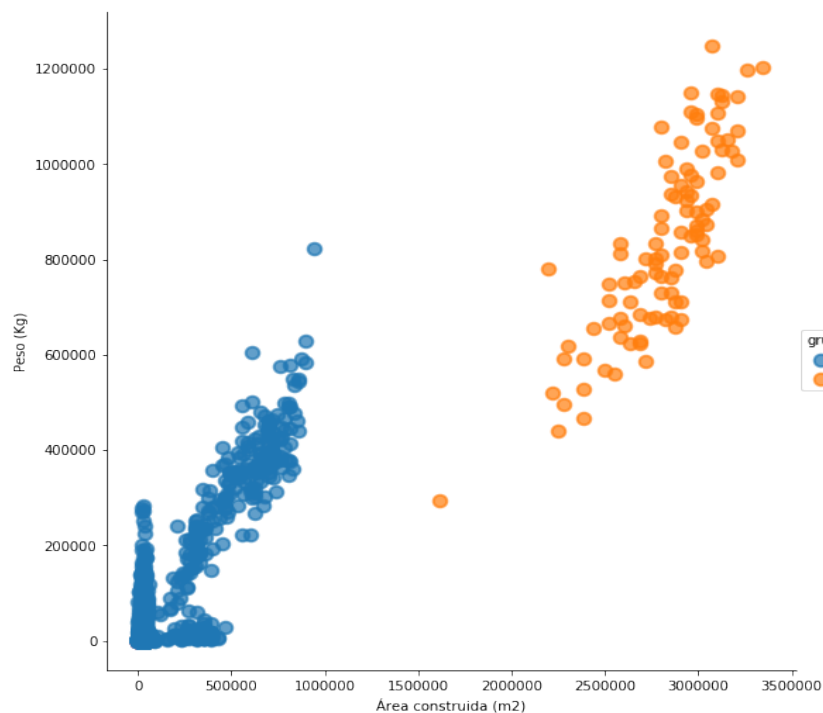


Figura 5-9 Diagrama de dispersão NCM 22 Porte Especial.

No processo de modelagem, no ajuste do modelo linear, considerou-se X e Y , respectivamente, as variáveis Área Construída (explicativa) e Carga (resposta). O objetivo foi encontrar um modelo linear $\hat{y} = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_kx_k$ que minimize os erros quadráticos $SE = \sum_i (y_i - \hat{y})^2$.

Assim, foram gerados e testados modelos para os grupos 1 e 2 dos empreendimentos de porte especial, por meio das ferramentas *Maching Learning* pacote *Scikit-Learn* para a linguagem *Python 3*. Como resultado, tem-se que a correlação das variáveis e o coeficiente de determinação de 72,7% foram satisfatórios para o grupo 1 no dia útil. Na Figura 5-10 ilustra-se o resultado da correlação de Pearson e o modelo resultante da modelagem.

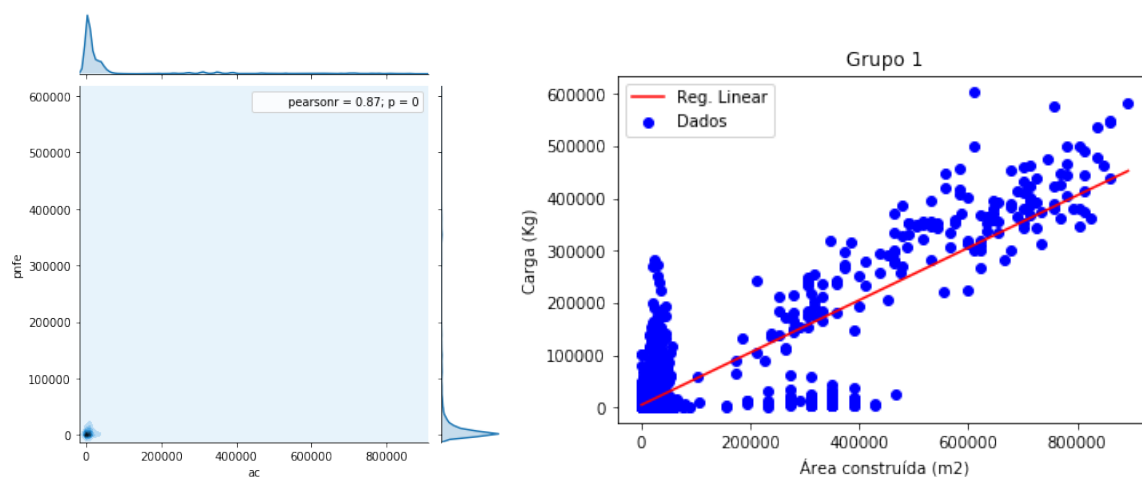


Figura 5-10 Modelo linear grupo 1, empreendimentos de porte especial, NCM 22.

De igual forma, para o grupo 2 no dia útil, tem-se um coeficiente de determinação um pouco menos apurado que para o Grupo 1, representado pelo 56,15%. Na Figura 5-11 apresenta-se o respectivo resultado.

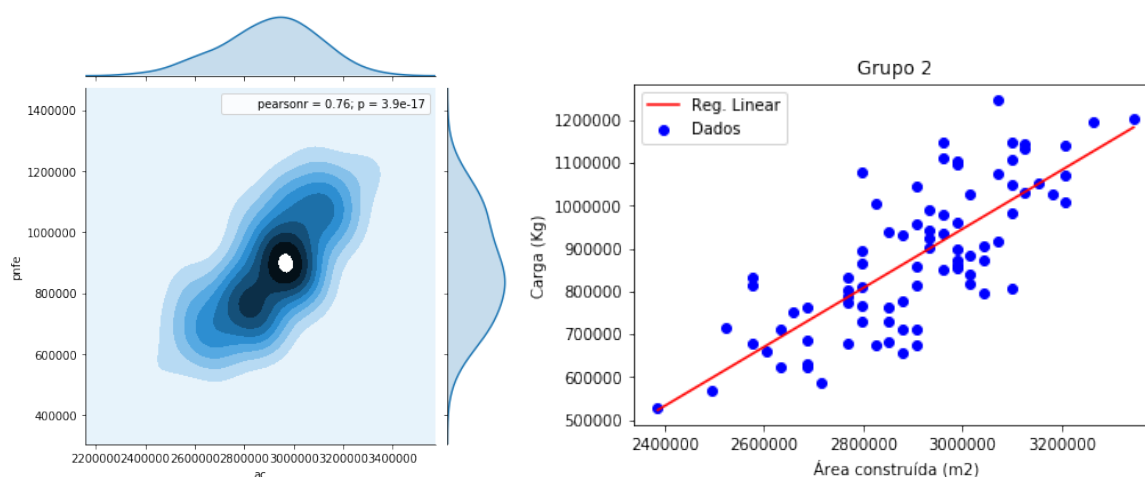


Figura 5-11 Modelo linear grupo 2, empreendimentos de porte especial, NCM 22.

O resultado para o período do dia sábado, do grupo 1 foi adequado, segundo os testes realizados. Já para o grupo 2 do período do dia sábado e para o período do dia domingo não foram significativos para o segmento NCM 22. Na Tabela 5-4, apresenta-se o resumo das expressões matemáticas dos resultados da modelagem.

Tabela 5-4 Modelos de geração para empreendimentos especiais, segmento NCM 22

PERÍODO		EXPRESSÃO	R ²	ÁREA CONSTRUÍDA (M ²)
Útil da semana	Grupo 1	$Y = 4078 + 0,50X_i$	0,727	<1500000
	Grupo 2	$Y = 0,70X_i - 1129725$	0,561	>1500000
Sábado	Grupo 1	$Y = 0,58X_i - 5587$	0,87	<1500000

Subfase 4.2 – Distribuição direta das viagens

A partir da identificação da quantidade de carga produzida e atraída por cada local na área do DF, é possível determinar os pares de Origem/Destino – O/D do segmento em análise. Para esta pesquisa, e de acordo com os documentos eletrônicos consultados, nesta fase foi possível gerar de forma direta a distribuição para o segmento NCM 22 e construir a matriz de O/D deste segmento.

Conforme a estrutura das NF-e, estes tipos de matrizes podem ser geradas com expressivo nível de detalhe, por exemplo no nível de CEP ou CNPJ. No entanto, pelo sigilo dos dados utilizou-se a junção com os dados do IBGE para apresentar os dados por setor censitário e subdistrito, através do código de 11 dígitos do IBGE.

Na Tabela 5-5, consolidaram-se o resultado, o qual contém a matriz O/D para o período útil da semana (ver Tabela 6-1 e Tabela 6-2 do Anexo F para os dias sábado e domingo). Cada matriz representa o total de carga, por peso, entre a área *i* da origem e a áreas *j* de destino do segmento NCM 22.

De forma geral, com o intuito de obter a representação geográfica das matrizes O/D e utilizando o mesmo agrupamento dos dados citados antes, foram geradas as linhas de desejo com ajuda da ferramenta SIG de transporte para os três períodos analisados, como se observa na Figura 5-13, para os períodos útil da semana, sábado e domingo (Figura 6-8 e Figura 6-9 do Anexo G).

Com os resultados apresentados nas referidas figuras, citadas acima, corrobora-se uma vez mais as áreas que apresentam uma maior interação (pares O/D) na movimentação do referido segmento.

Subfase 4.3 – Alocação das viagens por roteirização

A partir das análises realizadas nas fases anteriores, encontrou-se maior participação dos empreendimentos de porte especial na movimentação do segmento NCM 22. Consequentemente identificaram-se três setores representados por subáreas geográficas, e que são responsáveis pela maioria da distribuição deste tipo de mercadoria (80%) no espaço urbano do DF, conforme apresentado na Figura 5-12.

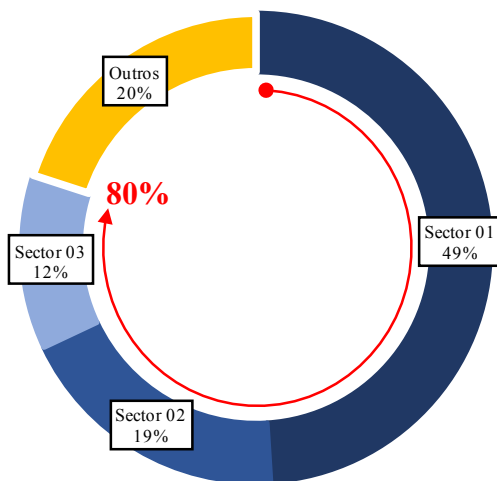


Figura 5-12 Distribuição da participação na distribuição do segmento NCM 22.

Para fins práticos e pela representatividade dos três setores acima citados, estes foram escolhidos para o processo de roteirização utilizando o módulo heurístico de Clarke e Wright. Na Figura 5-14 mostra-se graficamente a localização dos principais setores e os pontos destino do segmento.

Assim, para aplicar o módulo de roteirização do programa *TransCad*, inicialmente gerou-se camadas individuais para os três setores (*Depots*), os clientes/recebedores (*Stops*) e os veículos para cada *Depot*. Além disso, como insumo básico, foi utilizada uma matriz da rede viária (*Network.net* do DF). O procedimento geral para a aplicação do módulo em *TransCad*, realiza-se com a seguinte sequência de passos:

- Selecionar a opção de distribuição (*Delivery*),
- Carregar a camada dos *Depots*.
- Carregar a camada dos *Stops*.
- Carregar ou gerar a matriz de roteirização.
- Carregar o arquivo que contem o quantitativo dos veículos para cada *Depot*, dado previamente consultado no banco de dados tratado.
- Executar o módulo (resultado: tabelas com as rotas e seus atributos).
- Transformar o resultado das rotas geograficamente (camada de rotas).

Tabela 5-5 Matriz O/D período útil da semana

O/D	53001080506	53001080507	53001080508	53001080509	53001080510	53001080511	53001080512	53001080513	53001080514	53001080515	53001080516	53001080517	53001080518	53001080519	53001080520	53001080521	53001080523	53001080525	53001080530	Total
53001080506	26225	987	331	19	440	1	8	0	1323	13332	42307	0	14	14	71	2	2	1123	0	86199
53001080507	51178	23716	37079	8150	7546	13248	799	1285	2137	16317	30681	10237	8583	2483	6135	271	2156	5805	3306	231112
53001080508	24044	4904	104389	2011	13580	6932	1980	1687	3238	64927	12286	12315	11409	1423	2730	410	784	2278	3683	275010
53001080509	521	340	696	19745	186	0	0	56	132	442	1111	246	52	1455	0	0	0	157	27	25166
53001080510	17384	2731	15327	1445	9309	1048	7713	378	1010	3179	23952	2035	3567	968	923	496	1498	4600	732	98295
53001080511	649	1187	212	9	189	10	0	0	458	104	14	2690	82	0	0	0	9	330	0	5943
53001080512	217	69	61	0	235	0	0	0	83	100	145	0	17	0	0	0	0	113	0	1040
53001080513	678	404	23	0	201	0	0	4	100	65	473	0	0	0	0	0	0	187	0	2135
53001080514	66993	32641	136498	2813	31724	31706	18089	10053	12991	75629	108131	57232	29513	17509	14533	3286	14625	5732	15354	685052
53001080515	1738	502	1517	915	921	680	334	366	1606	14445	1342	306	491	527	532	49	221	2215	838	29545
53001080516	50791	24801	74867	6644	20964	25131	8781	6023	6766	62820	48624	17775	23192	7927	6173	1904	6851	1444	10592	412070
53001080517	173	496	38	0	200	0	0	0	392	3	38	1	3	0	0	0	31	159	0	1534
53001080518	1079	396	366	173	150	286	152	30	517	268	280	248	119	40	75	22	31	269	123	4624
53001080519	2688	270	1174	6	77975	87	84	44	550	28	310	337	140	202	0	95	112	93	159	84354
53001080520	239	287	17564	2	588	181	71	75	388	83	485	28	119	69	1112	0	0	569	0	21860
53001080521	89	797	65	0	43747	0	0	0	124	4	32	0	45	0	0	1	0	35	0	44939
53001080523	11365	6345	9615	5226	4160	3811	837	883	77645	19938	6105	1343	3536	1268	1040	627	18507	353	649	173253
53001080525	25954	1909	39879	2975	926	2028	1361	341	925	3934	2572	1046	2566	684	2045	1627	5133	578	2077	98560
53001080530	697	1035	1116	0	133	2231	0	0	373	154	121	6789	172	0	0	0	0	253	0	13074
Total	282702	103817	440817	50133	213174	87380	40209	21225	110758	275772	279009	112628	83620	34569	35369	8790	49960	26293	37540	2293765

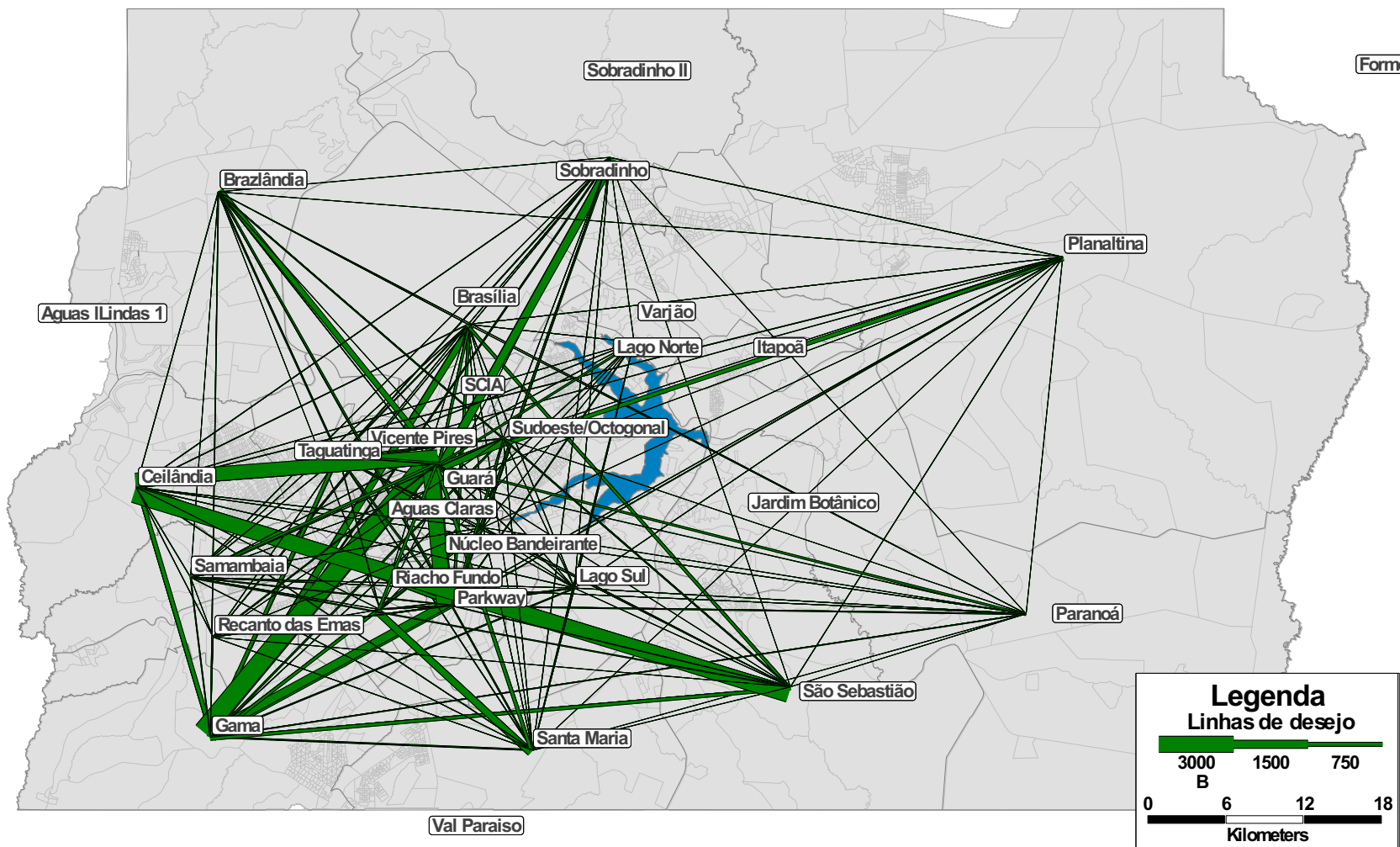


Figura 5-13 Linhas de desejo, período útil da semana.

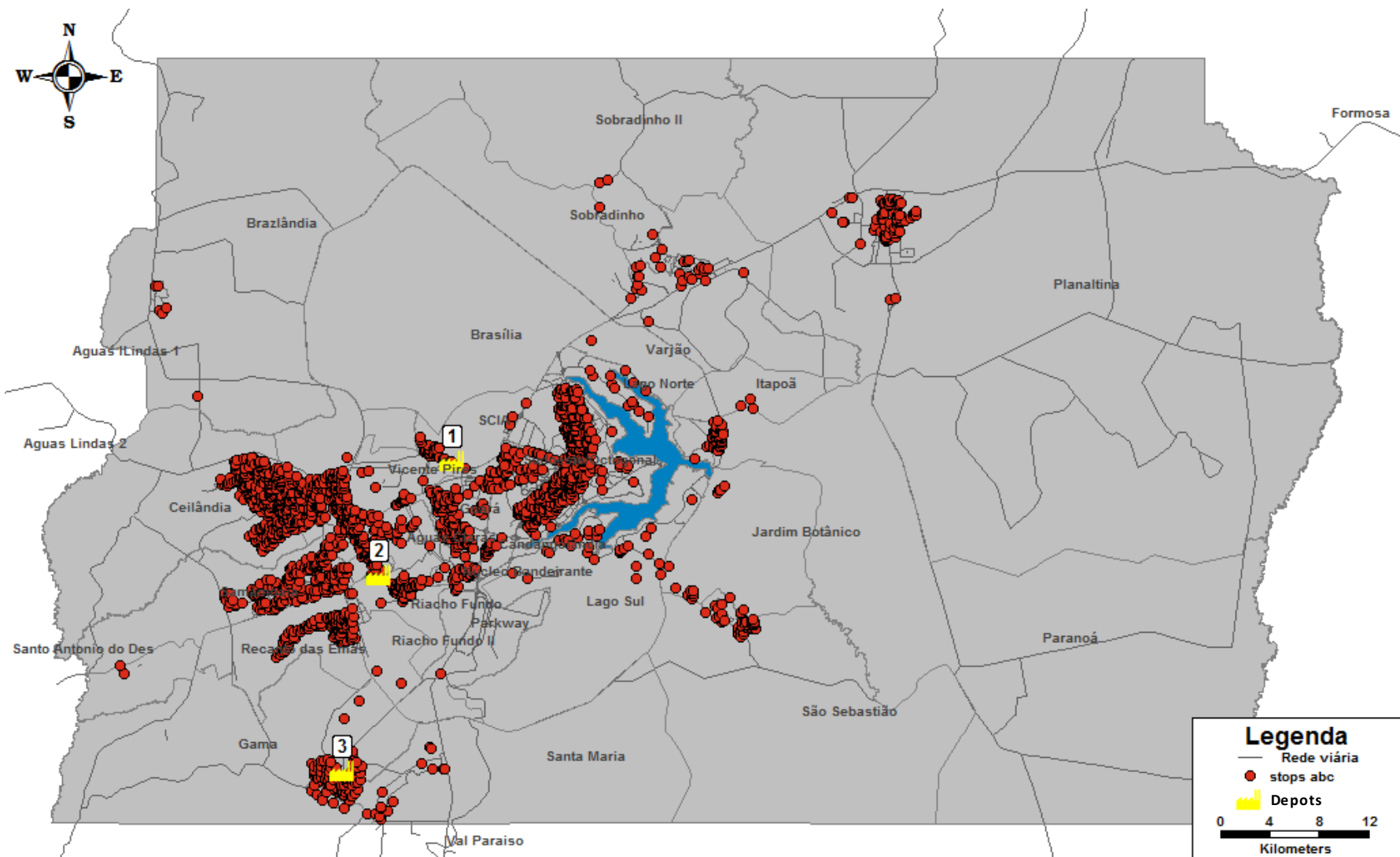


Figura 5-14 Principais grupos de distribuição (*Depots*) e os clientes (*Stops*), NCM 22.

Como resultado, foram obtidos todos os ciclos de viagens para cada um dos veículos de cada um dos três setores (*Depots*), junto com as rotas, representadas e compiladas em uma camada *SIG*. Na Figura 5-15 apresenta-se o resultado da roteirização para o período útil da semana do segmento NCM 22.

5.2.5. Fase 5 – Carregamento da rede viária

Tento como base o resultado da roteirização e os atributos disponíveis alocados para cada um dos arcos da malha viária, carregou-se a rede viária do DF com a somatória do número de viagens de veículos de carga que atravessam cada um dos arcos (*links*) da rede. Isto foi realizado por meio de uma função do *TransCad* que permite somar ou agrupar atributos e alocá-los na rede usando várias camadas que, neste caso foram as camadas das rotas e da rede viária (*Network*).

O resultado do carregamento para o segmento em análise, é apresentado na Figura 5-16, onde pode-se observar o comportamento do fluxo de carga na área de estudo e os principais corredores utilizados na distribuição desta mercadoria. Cabe mencionar que, além do número de veículos que trafegam por cada arco da rede, outros elementos poderiam ser inseridos ou agrupados através da ferramenta *SIG* de transporte, como por exemplo número de entregas por arco. Isto irá depender dos atributos disponíveis nos dados consultados.

5.2.6. Fase 6 – Criação e análise de cenários de avaliação

A partir do cenário base (situação atual do escoamento do segmento NCM 22 no espaço urbano do DF), foi criado um novo cenário por meio da implantação hipotética de um novo ponto de distribuição do segmento NCM 22, desconsiderando as possíveis restrições na localização ou impactos na sua implantação.

Tendo o plano piloto como referência, a escolha do local desse ponto baseou-se em redistribuir a origem das entregas do setor 2 (principal setor de distribuição) em lado Leste incluindo a área desde o plano piloto e, Oeste, de modo a buscar uma dispersão maior da geração e posterior distribuição por Brasília. O novo ponto foi localizado geograficamente conforme demonstrado na Figura 5-17. A este ponto foram vinculados os pontos de entrega dentro da área sublinhada em verde, pertencentes ao setor de maior participação das entregas atuais.

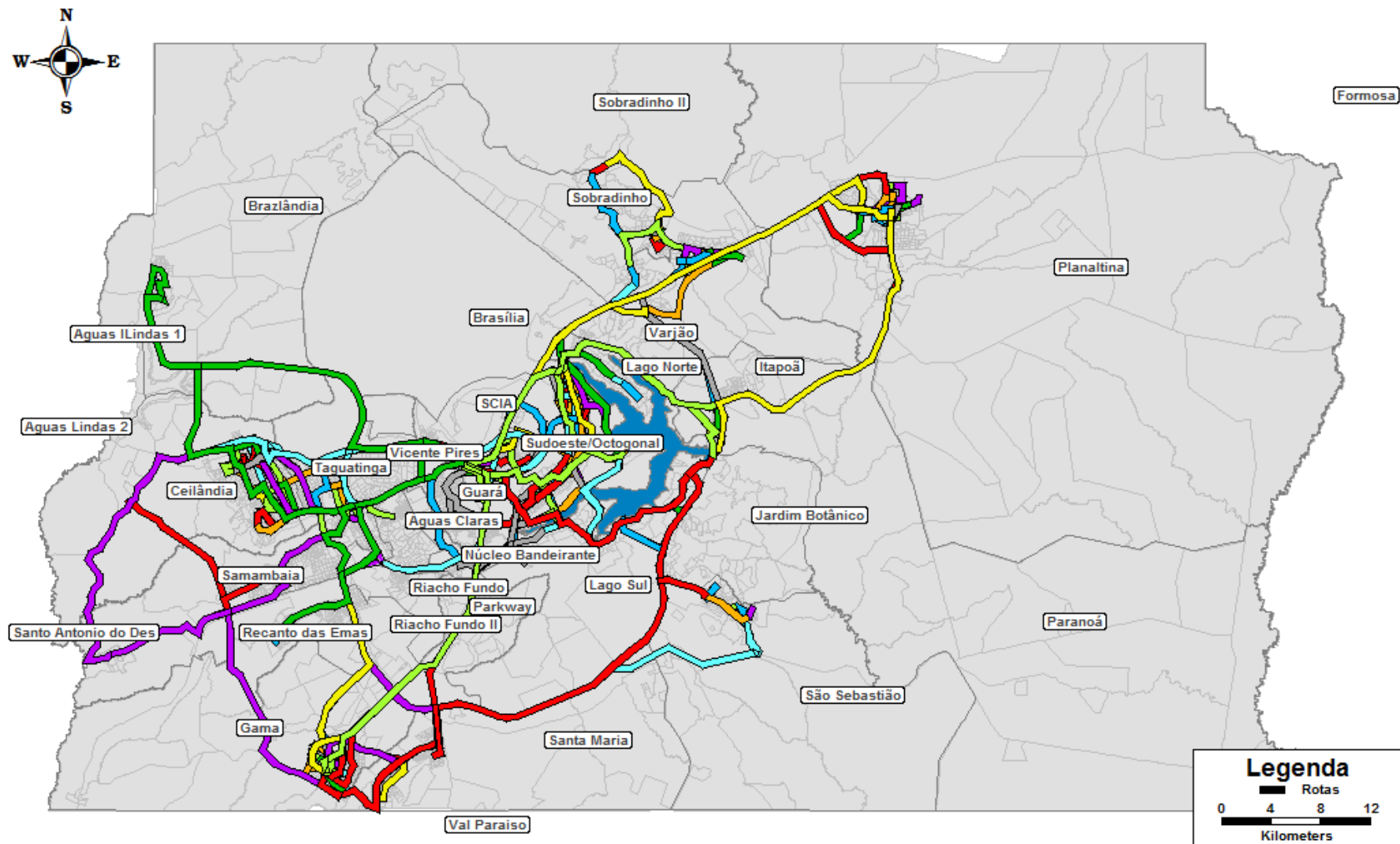


Figura 5-15 Rotas segmento NCM 22, período útil da semana.

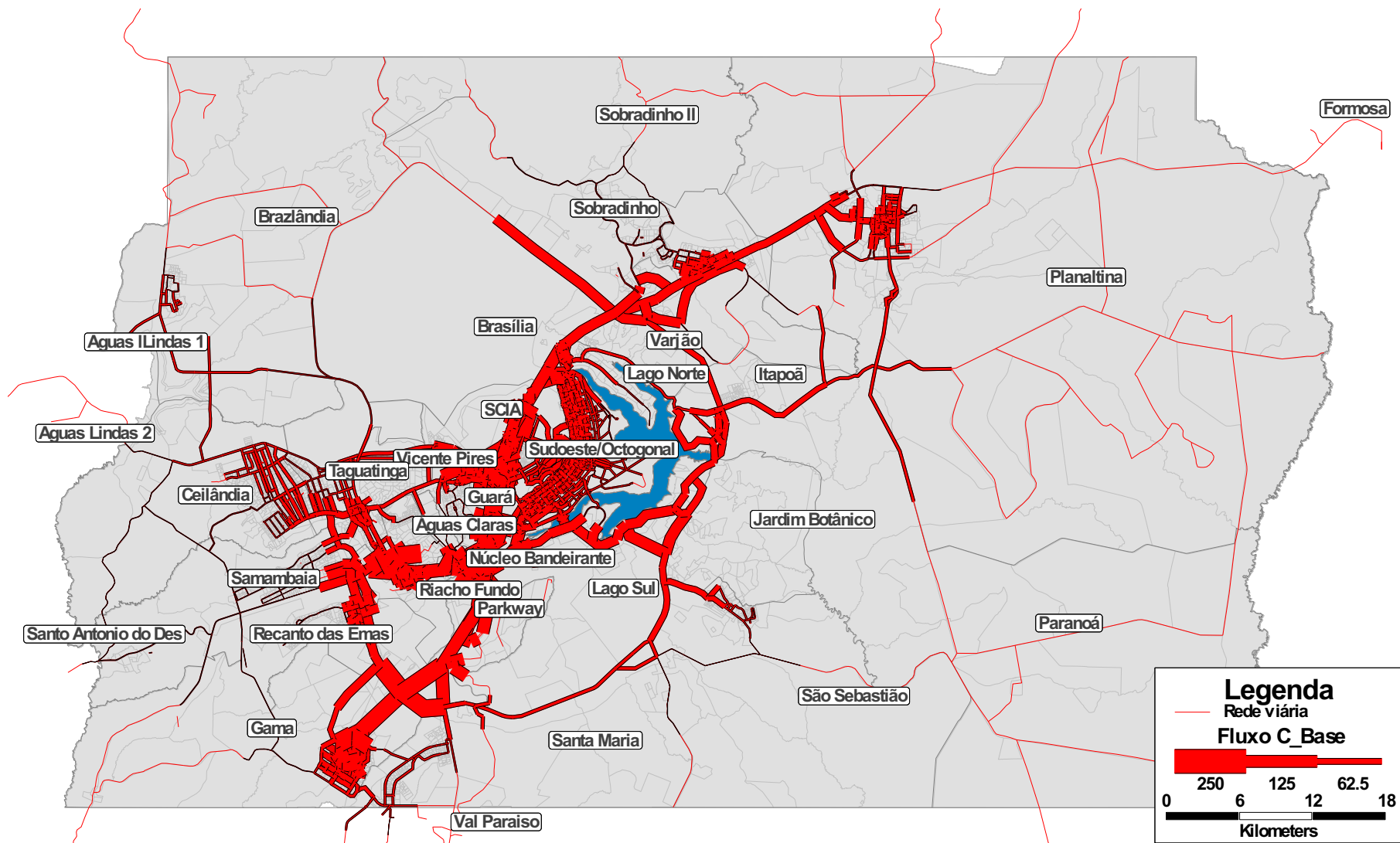


Figura 5-16 Carregamento da rede viária, segmento NCM 22, período útil da semana.

Isto posto, os cenários considerados para as análise e avaliação, são os seguintes:

- Cenário base: diagnóstico situação atual (três setores).
- Cenário 01: cenário com projeto (quatro setores)

Em seguida, e após a atualização das camadas dos setores de distribuição, analisou-se a demanda para o novo cenário. O resultado foi um novo pacote de rotas representativas dos ciclos de viagens de cada um dos veículos para os quatro setores (*Depots*) considerados no cenário 01.

Assim, da mesma forma que para o cenário base, foram geradas graficamente as rotas desta nova estrutura de distribuição, e posteriormente estes resultados foram adicionados como um novo atributo na rede viária. Buscado facilitar a análise dos resultados, foi criado um mapa comparativo com os dois carregamentos obtidos tanto no cenário base quanto no cenário_01, conforme ilustrado na Figura 5-18.

Esta comparação permitiu perceber mudanças no fluxo de veículos de carga pelos principais corredores de distribuição. Mudanças que podem ser interpretadas como simulações de impactos na implementação de políticas públicas ou ações estratégicas no meio urbano.

5.2.7. Fase 7 – Avaliação e análise dos resultados

Como resultados desse trabalho podem ser relatados a elaboração de um diagnóstico atual do sistema de transportes, denominado “cenário 01”. Nesse foram realizadas a identificação e avaliação das principais características da dinâmica da movimentação interna-interna no segmento NCM 22 para o espaço urbano do DF. Também foram identificados os segmentos com maior participação na área do DF, bem como o comportamento das movimentações ao longo da semana.

O resultado dessa análise foi utilizado como referência na construção de diferentes cenários que, por sua vez, possibilitaram a avaliação de ações para a melhoria do respectivo sistema de transportes e consequentemente, na mobilidade urbana da cidade.

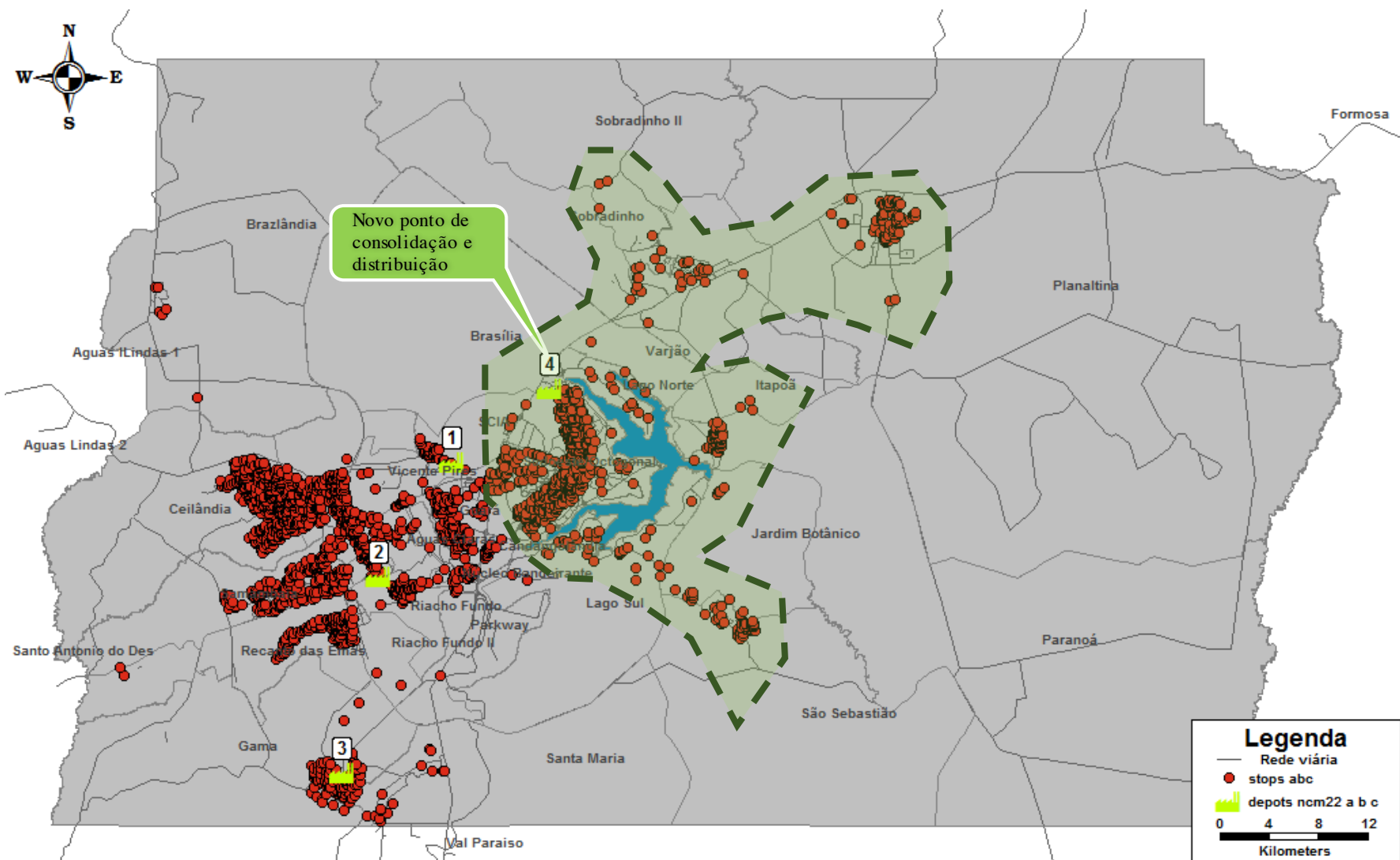


Figura 5-17 Novo ponto de consolidação e distribuição de carga (Depots).

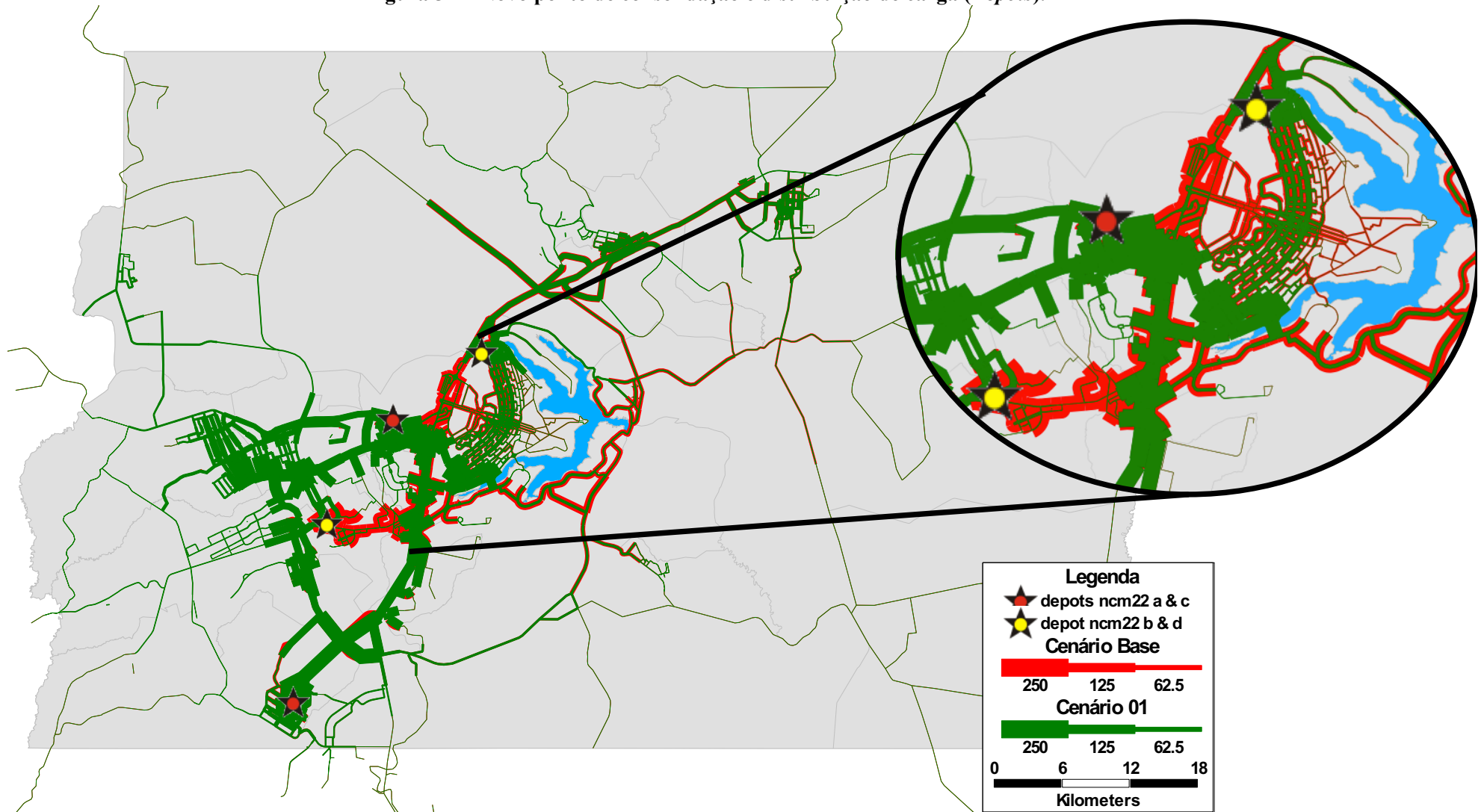


Figura 5-18 Comparativo carregamento cenário base vs cenário 01.

Isto permitiu a identificação dos principais segmentos geradores e atratores de entregas, além dos corredores usados para o transporte das mercadorias. Também foi realizada uma simulação de abertura de um novo empreendimento dedicado à distribuição da carga. Com isto, considera-se atendidos todos os objetivos propostos para esse estudo de caso pois:

- Entendeu-se a distribuição da participação por segmento, das operações do tipo interno-interno.
- Revelou-se a variação média semanal das entregas realizadas pelos veículos de carga na área urbana.
- Encontrou-se as principais áreas de origem e destino do segmento em análise, nos períodos considerados.
- Classificou-se os empreendimentos distribuidores do segmento de carga, de acordo com sua área construída. Também se gerou uma nova categoria de empreendimento.
- Gerou-se as matrizes O/D para o segmento em estudo, para cada período de análise, bem como as suas linhas de desejo.
- Gerou-se todas as rotas para cada um dos veículos distribuidores do segmento de carga, o qual permitiu realizar o carregamento da rede da situação atual. Consequentemente, identificou-se os principais corredores usados para o escoamento do segmento de carga.
- Com a construção do cenário com projeto, representado pela implementação de um novo ponto de consolidação e distribuição do segmento, mostrou-se e avaliou-se as mudanças que acarretaria a implantação de este tipo de medidas.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta pesquisa teve por objetivo propor uma metodologia de planejamento do TUC baseada em uma fonte de dados alternativa, considerada de baixo custo, abrangente e atualizada, os dados registrados nos DF-e. Os resultados demonstraram que esta metodologia pode ser utilizada para melhorar o entendimento desse sistema de transporte e, principalmente, ser usada por gestores e tomadores de decisão na avaliação de políticas de transporte de carga no espaço urbano.

Considera-se os objetivos propostos alcançados e a questão científica formulada respondida. Sob o mesmo ponto de vista, foi elaborada a proposta de planejamento do TUC. Essa proposta foi desenvolvida por meio do embasamento teórico relacionado com a modelagem e o planejamento em transportes, além da metodologia de extração de dados das NF-e desenvolvida por Santos (2015).

A seguir são compiladas as principais conclusões dessa pesquisa científica com base nas análises e discussões apresentadas no decorrer do desenvolvimento do estudo.

- O TUC ainda é pouco compreendido e possui características que necessitam ser estudadas e tratadas de modo específico. Tentar aproveitar conceitos e modelos de transportes de passageiros tem sido, em geral, uma porta para equívocos na modelagem e no desenvolvimento do seu planejamento;
- Revelou-se que a obtenção de dados desagregados de movimentação de mercadorias é o gargalo no desenvolvimento do planejamento do TUC, e que isso ocorre pois as alternativas sugeridas ainda estão presas a modelos tradicionais dispendiosos de pesquisa. Por isto considera-se esta proposta uma alternativa inovadora, pois não foram identificados avanços sobre como explorar bases de dados digitalizadas, os *big data*, para uso no planejamento do TUC;
- Há um crescente reconhecimento da importância econômica e do impacto ambiental do TUC, porém, muito em parte devido à dificuldade na obtenção de dados, observou-se também pouco interesse no desenvolvimento de ações e pesquisas relacionadas a esse tema. Espera-se que esse trabalho contribua para mudar tal cenário;
- Os *big data*, como os registros públicos de DF-e e outras fontes do mundo digital, se apresentam como alternativa viável para obter dados para o TUC e outros sistemas de

transporte. No caso dos registros públicos e mantido o sigilo, há que se trabalhar a cultura dos órgãos públicos para torná-los disponíveis a contento para pesquisas. Vale ressaltar que se considera isto viável *vis-à-vis* a realização desse trabalho e os impactos que projetos relacionados ao TUC podem proporcionar à sociedade;

- Com a disponibilidade dessas fontes alternativas de dados, vislumbra-se ser possível melhorar os atuais e elaborar novos tipos pesquisas e modelagens. Isto, por sua vez, poderá demandar o uso de metodologias e ferramentas aplicáveis à manipulação de *big data*, como, por exemplo, a mineração de dados (*Data Mining*), o uso de softwares como *QlikView*, *Machine Learning*, *Deep Learning*;
- Como fruto dos resultados iniciais da metodologia proposta, verifica-se um potencial significativo na obtenção de resultados por meio da aplicação de diferentes ações ou medidas voltadas ao TUC;
- Com foco nos estudos em transportes, será necessário estudar mecanismos buscando sanar as inconsistências nos registros dos DF-e. Como alternativas, deverão ser propostos ajustes na configuração deste tipo de documentos, como também na metodologia utilizada para validação dos dados;
- Identificar e explorar outras fontes de dados, tais como “*big data*” de empresas privadas, poderiam suprir as lacunas dos DF-e e contribuir na estruturação de novas pesquisas.

6.1. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Devido ao volume expressivo dos dados, detectou-se a necessidade de um computador (hardware) com maior capacidade de processamento, bem como do uso de softwares específicos para viabilizar os processos de extração, consulta, tratamento e preparação dos dados. Isto limitou a abrangência do período de análise.

A necessidade em manter o sigilo fiscal gerou restrições de acesso aos dados, e isto ocasionou uma limitação nas análises. Espera-se uma limitação maior, e até um impedimento de acesso aos dados de outros Estados.

Devido à ausência de uma plataforma que dialogue com as fontes de dados de DF-e e a limitação do acesso aos mesmos, não foi possível dispor de informações adicionais complementares. Este fator impossibilitou aprimorar os resultados e a identificação de novas propostas para futuras pesquisas.

As inconsistências de alguns registros, tais como CNAE externo, placas de veículo, peso das mercadorias limitam a expansão da aplicação dessa metodologia para outros segmentos.

6.2. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Consolidar uma fonte base, produto da compilação das diversas fontes existentes, considerando uma estratégia que facilite o acesso aos dados ao mesmo tempo em que se mantenha o sigilo destes.

Estudar e propor o uso de “salas de sigilo” como meio legal para garantia do sigilo fiscal.

Comparar os modelos gerados por meio dessa metodologia com os construídos a partir de amostragens e, por fim, validar a aderência de seus resultados com dados reais.

Propor uma ferramenta computacional dedicada especificamente a alocação por roteirização, considerando tanto a estrutura dos DF-e quando a das outras fontes complementares.

Aprimorar e aplicar o modelo proposto em um caso real de planejamento do TUC integrado ao Planejamento do Transporte de Pessoas.

Usar os dados para simular o impacto na aplicação de soluções de Logística Urbana no DF.

Desenvolver a mesma estratégia de uso dos dados de DF-e em outro estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackoff, R. (2000) Planeación de la empresa del futuro. *México: Limusa*.
- Alegre, H., e Coelho, S. T. (2012) *Infrastructure asset management of urban water systems*. INTECH Open Access Publisher.
- Anand, N., Quak, H., van Duin, R., e Tavasszy, L. (2012) City Logistics Modeling Efforts: Trends and Gaps - A Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, 101–115. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.094>
- Anand, N., van Duin, R., Quak, H., e Tavasszy, L. (2015) Relevance of City Logistics Modelling Efforts: A Review. *Transport Reviews*, 35(6), 701–719. doi:10.1080/01441647.2015.1052112
- Anthony, R. N., e Dearden, J. (1980) *Management control systems*. Richard D. Irwin.
- Arruda, F. S. de, Silva, A. N. R. da, e Timmermans, H. (2007) Estudo exploratório para aplicação de modelos de transportes baseados em atividades no Brasil.
- Ballou, R. H. (1985) *Business Logistics Management: planning and control*. Prentice Hall.
- Black, A. (1990) The Chicago area transportation study: A case study of rational planning. *Journal of Planning Education and Research*, 10(1), 27–37.
- Boerkamps, J., van Binsbergen, A., e Bovy, P. (2000) Modeling behavioral aspects of urban freight movement in supply chains. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1725), 17–25.
- BRASIL. (2018) Lei n. 12.527. de 18 de novembro de 2011, *Acesso à Informação*. Obtido 2 de fevereiro de 2018, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm
- Caliper. (2017) TransCAD Transportation Planning Software.
- Cao, X., e Mokhtarian, P. L. (2005) How do individuals adapt their personal travel? Objective and subjective influences on the consideration of travel-related strategies for San Francisco Bay Area commuters. *Transport Policy*, 12(4), 291–302. doi:10.1016/j.tranpol.2005.03.003
- Carneiro, L. (2005) Desenvolvimento de uma Metodologia para Previsão de Demanda de Passageiros para o Transporte Rodoviário Interestadual por Ônibus. Dissertação de Mestrado, Publicação T. DM–002A/2005 Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília.
- Catanese, A. J., e Snyder, J. C. (1988) *Urban planning*. McGraw-Hill College.

- CFOP. (2018) Código Fiscal de Operações e Prestações. Obtido 10 de janeiro de 2018, de https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/ajustes/sinief/cfop_cvsn_70_vigente
- Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., e Wirth, R. (2000) *CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide*. Obtido de <https://the-modeling-agency.com/crisp-dm.pdf>
- Clarke, G. U., e Wright, J. W. (1964) Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations research*, 12(4), 568–581.
- CNT. (2014) *Plano CNT de Logística e Transporte*. (Confederação Nacional de Transportes - CNT, Ed). Brasil. Obtido de [http://cms.cnt.org.br/Imagens/CNT/PDFs/CNT/Plano CNT de Logística/Plano CNT de Transporte e Logística 2014.pdf](http://cms.cnt.org.br/Imagens/CNT/PDFs/CNT/Plano%20CNT%20de%20Logística/Plano%20CNT%20de%20Transporte%20e%20Logística%202014.pdf)
- Comi, A., Donnelly, R., e Russo, F. (2013) 8 – Urban Freight Models. Elsevier (Ed), *Modelling Freight Transport* (p. 163–200). doi:10.1016/B978-0-12-410400-6.00008-2
- Crainic, T. G., e Laporte, G. (1997) Planning models for freight transportation. *European Journal of Operational Research*, 97(3), 409–438. doi:10.1016/S0377-2217(96)00298-6
- Crainic, T. G., Ricciardi, N., e Storchi, G. (2004) Advanced freight transportation systems for congested urban areas. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 12(2), 119–137. doi:10.1016/j.trc.2004.07.002
- Crainic, T. G., Ricciardi, N., e Storchi, G. (2009) Models for evaluating and planning city logistics systems. *Transportation science*, 43(4), 432–454.
- CTE. (2016) CT-e Conhecimento de Transporte Eletrônico. *Manual de orientações do contribuinte*. Obtido 8 de agosto de 2016, de <http://www.cte.fazenda.gov.br/porta1/>
- Cui, J., Dodson, J., e Hall, P. V. (2015) Planning for Urban Freight Transport: An Overview. *Transport Reviews*, 35(5), 593–598. doi:10.1080/01441647.2015.1038666.
- Da Silva, L. S., Loureiro, S. A., Lima Jr, O. F., Bertoni, B. V., e Bezerra, O. B. (2014) Análise da Literatura de Geografia do Tempo Aplicada ao Transporte Urbano de Carga. *XXVIII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte*. Curitiba.
- Daganzo, C. F. (2005) *Logistics systems analysis*. (4Th ed). Springer Science & Business Media, USA.
- De Jong, G. (2013) Mode Choice Models. (p. 117–141). Elsevier Inc. doi:10.1016/B978-0-12-410400-6.00006-9
- de Jong, G., Tavasszy, L., Bates, J., Grønland, S. E., Huber, S., Kleven, O., Lange, P., Ottemöller, O., e Schmorak, N. (2016) The issues in modelling freight transport at the national level. *Case Studies on Transport Policy*, 4(1), 13–21.

- De Mello, N. O., Dias, E. M., Fontana, C. F., e Fernandez, M. L. A. (2009) The implementation of the electronic tax documents in Brazil as a tool to fight tax evasion. *Proceedings of the 13th WSEAS international conference on Systems* (p. 449–456). World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS).
- DENATRAN. (2001) *Manual de procedimentos para o tratamento de pólos geradores de tráfego*. Departamento Nacional de Trânsito: Denatran/FGV. Brasil. Obtido de <http://www.denatran.gov.br/images/Educacao/Publicacoes/PolosGeradores.pdf>
- DNIT. (2018) Sistema Nacional de Viação - SNV. *SNV - Designação dada pela Lei Nº 12.379 de 06 de janeiro de 2011*. Obtido 28 de fevereiro de 2018, de <http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao>.
- Domencich, T. A., e McFadden, D. (1975) *Urban travel demand-a behavioral analysis*.
- Donnelly, R., Wigan, M., e Thompson, R. G. (2010) A hybrid microsimulation model of urban freight travel demand.
- Dutra, N. G. da S. (2004) O enfoque de city logistics na distribuição urbana de encomendas.
- ECM&T. (2016) *Transport matters*. European Commission Mobility & Transport. Obtido de http://ec.europa.eu/transport/strategies/facts-and-figures/transport-matters/index_en.htm
- Fernandez, M. L. A., Dias, M. L. R. P., e Dias, E. M. (2013) Electronic tax documents and goods and vehicles track and trace. *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Economy and Management Transformation (EMT'13)*.
- Figliozi, M. A. (2006) Modeling impact of technological changes on urban commercial trips by commercial activity routing type. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1964), 118–126.
- Figliozi, M. A. (2007) Analysis of the efficiency of urban commercial vehicle tours: Data collection, methodology, and policy implications. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(9), 1014–1032.
- Friesz, T. L., e Holguín-Veras, J. (2005) Dynamic game-theoretic models of urban freight: formulation and solution approach. *Methods and models in transport and telecommunications* (p. 143–161). Springer.
- Friesz, T. L., Mookherjee, R., Holguín-Veras, J., e Rigdon, M. A. (2008) Dynamic pricing in an urban freight environment. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(4), 305–324. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2007.08.001>
- GDF. (2016) Portal do Governo de Brasília (DF). *Geografia*. Obtido 15 de junho de 2016, de <http://www.brasilia.df.gov.br/index.php/2015/10/21/333/>

- Gentile, G., e Vigo, D. (2009) Movement generation and trip distribution for freight demand modelling applied to city logistics. *Relation*, 10(1.111):(5200).
- Gonçalves, M. B. (1992) Desenvolvimento e teste de um novo modelo gravitacional de oportunidades para distribuição de viagens.
- Gonzalez-Feliu, J., Goodchild, A., e Guerrero, D. (2016) Data-driven innovations in policy-oriented freight transport models and planning methods. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 16(1), 1–3.
- Gonzalez-Feliu, J., e Routhier, J.-L. (2012) Modeling Urban Goods Movement: How to be Oriented with so Many Approaches? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39(Seventh International Conference on City Logistics; 2011; Mallorca; Spain), 89–100. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.093>
- Hancock, K. L. (2008) *Freight Demand Modeling: Tools for Public-sector Decision Making, Summary of a Conference*. (Vol. 40). Transportation Research Board.
- Harris, R. I. D., e Liu, A. (1998) Input-output modelling of the urban and regional economy: The importance of external trade. *Regional Studies*, 32(9), 851–862. Obtido de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0032469060&partnerID=40&md5=ac4feb6a70872c8277c37f2877215056>
- Hensher, D. A., e Puckett, S. M. (2005) Refocusing the modelling of freight distribution: Development of an economic-based framework to evaluate supply chain behaviour in response to congestion charging. *Transportation*, 32(6), 573–602.
- Holguín-Veras, J. (2000) Framework for an integrative freight market simulation. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*, 476–481. Obtido de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0033680416&partnerID=40&md5=6d5d07f93360ffb66be3aec5930f825c>
- Holguín-Veras, J. (2008) Necessary conditions for off-hour deliveries and the effectiveness of urban freight road pricing and alternative financial policies in competitive markets. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(2), 392–413.
- Holguín-Veras, J., Ban, J., Jaller, M., Destro, L., e Marquis, R. (2010) Feasibility study for freight data collection. *New york metropolitan transportation council*, 1, 231. doi:10.2172/875800
- Holguín-Veras, J., e Jaller, M. (2014) Comprehensive Freight Demand Data Collection Framework for Large Urban Areas. J. Gonzalez-Feliu, F. Semet, & J.-L. Routhier (Eds), *Sustainable Urban Logistics: Concepts, Methods and Information Systems* (p. 91–112). Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-

- Holguín-Veras, J., Jaller, M., Sánchez-Díaz, I., Campbell, S., e Lawson, C. T. (2014) 3 – Freight Generation and Freight Trip Generation Models. Elsevier (Ed), *Modelling Freight Transport* (p. 43–63). doi:10.1016/B978-0-12-410400-6.00003-3
- Holguín-Veras, J., e Thorson, E. (2000) Trip length distributions in commodity-based and trip-based freight demand modeling: investigation of relationships. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1707), 37–48.
- Holguín-Veras, J., Thorson, E., e Ozbay, K. (2004) Preliminary results of experimental economics application to urban goods modeling research. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1873), 9–16.
- Holguín-Veras, J., Thorson, E., Wang, Q., Xu, N., González-Calderón, C., Sánchez-Díaz, I., e Mitchell, J. (2013) Urban freight tour models: State of the art and practice. *Freight Transport Modelling* (p. 335–351). Emerald. doi:10.1108/9781781902868-017
- Hunt, J. D., e Stefan, K. J. (2007) Tour-based microsimulation of urban commercial movements. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(9), 981–1013.
- IBGE. (2010) Sinopse do Censo Demográfico Brasil. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE*. Obtido 22 de junho de 2016, de <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=11&uf=00>
- IBGE. (2016) *Introdução à Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE versão 2.0*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Brasil.
- IBGE. (2018) Estatísticas por Cidade e por Estado. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE*. Obtido 28 de fevereiro de 2018, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/panorama>
- IN. (2016) Conheça o QlikView. *Inteligência de Negócios*.
- INRO. (2017) Software EMME4.
- Kanaroglou, P. S., e Buliung, R. N. (2008) Estimating the contribution of commercial vehicle movement to mobile emissions in urban areas. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(2), 260–276.
- Lalwani, C., Gross, R., Gardner, B., e Beresford, A. (1991) Modelling freight traffic. *Long Term Issues in Transport*, 131–160.
- Laporte, G. (1992) The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59(3), 345–358.
- Lindholm, M. E., e Blinge, M. (2014) Assessing knowledge and awareness of the sustainable urban freight transport among Swedish local authority policy planners. *Transport*

- Policy*, 32, 124–131. doi:10.1016/j.tranpol.2014.01.004
- Lopez, M. D. R., e Medina, L. J. (2012) *Planeacion estrategica fundamentos y casos*. e-libro, Corp.
- Loureiro, S. A., Noletto, A. P. R., Da Silva, L. S., Júnior, J. B. S. S., e Júnior, O. F. L. (2016) O uso do método de revisão sistemática da literatura na pesquisa em logística, transportes e cadeia de suprimentos. *TRANSPORTES*, 24(1), 95–106.
- Macário, R. (2013) 20 – Modeling for Public Policies Inducement Of Urban Freight Business Development. *Freight Transport Modelling* (p. 405–432). Emerald.
- Manheim, M. L. (1979) *Fundamentals of Transportation systems analysis; Volume I: Basic concepts*.
- Manzano dos Santos, E., e Sánchez-Díaz, I. (2016) Exploring Carriers’ Perceptions About City Logistics Initiatives. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2547), 66–73.
- Marcucci, E., e Gatta, V. (2014) Behavioral Modeling of Urban Freight Transport. *Sustainable urban logistics: Concepts, methods and information systems* (p. 227–243). Springer.
- Massie, J. L. (1971) *Essentials of management*.
- MDFE. (2016) MDF-e Manifesto Eletrônico de Documento Fiscal Eletrônico. *Manual de Orientações do Contribuinte*. Obtido 8 de agosto de 2016, de <https://mdfe-portal.sefaz.rs.gov.br>
- Mello, J. C. (1981) *Planejamento dos transportes urbanos*. (Vol. 3). Editora Campus.
- Mendonça, A. C. de. (2010) Desenvolvimento de um modelo de previsão da demanda de passageiros do transporte rodoviário interestadual utilizando regressão com efeitos espaciais locais.
- Mintzberg, H. (2004) *Ascensão e queda do planejamento estratégico*. Bookman Editora.
- Moreno, Q. E. (2006) Análisis comparativo de la modelación de autorrasnporte: carga vs pasajeros. *Publicación Técnica N° 300, Secretaria de Comunicaciones y Transporte, Instituto Mexicano del Transporte, Queretaro*.
- Munch, J. y L., e García, M. (2008) *Fundamentos de Administración. Trillas. 7ª ed. México*.
- Muñuzuri, J., Cortés, P., Onieva, L., e Guadix, J. (2009) Modeling freight delivery flows: Missing link of urban transport analysis. *Journal of urban planning and development*, 135(3), 91–99.
- Muñuzuri, J., Cortés, P., Onieva, L., e Guadix, J. (2010) Modelling peak-hour urban freight movements with limited data availability. *Computers & Industrial Engineering*, 59(1),

- Murdick, R. G. R., Murdick, J. E. R. G., e Ross, J. E. (1981) *Sistemas de información basadas en computadoras para la administración moderna*.
- NCM. (2017) Nomenclatura Comum do Mercosul. Obtido 7 de agosto de 2017, de <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/negociacoes-internacionais/206-assuntos/categ-comercio-exterior/sgp-sistema-geral-de-preferencias/1799-sgp-nomenclatura-comum-do-mercosul-ncm>
- NFE. (2016) NF-e Nota Fiscal Eletrônica. *Manual de Orientação do Contribuyente: Padrões Técnicos de Comunicação*. Encontro Nacional de Coordenadores e Administradores Tributários - Portal Nota Fiscal Eletrônica (NF-e). Obtido 8 de agosto de 2016, de <http://www.nfe.fazenda.gov.br/portal/principal.aspx>
- Nordtømme, M. E., Bjerkan, K. Y., e Sund, A. B. (2015) Barriers to urban freight policy implementation: The case of urban consolidation center in Oslo. *Transport Policy*, 44, 179–186. doi:10.1016/j.tranpol.2015.08.005
- Novaes, A. G. (1986) Sistemas de Transporte–Volume 1: Análise da Demanda. *Edgard Blücher, São Paulo*.
- Novaes, A. G. (2004) *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição*. (4º ed). Elsevier Brasil, Rio de Janeiro.
- Nuzzolo, A., e Comi, A. (2013) Tactical and operational city logistics: freight vehicle flow modelling. *Freight transport modelling* (p. 433–451). Emerald Group Publishing Limited.
- Ogden, K. W. (1992) *Urban Goods Movement. A Guide to Policy and Planning*.
- Oliveira, L. K., Braga, A. de S., e Abreu, B. R. A. (2010) Relevant attributes in overnight goods delivery: Researchers’, transporters’ and retailers’ preference in urban distribution. *12th WCTR*.
- Ortúzar, J. de D., e Willumsen, L. G. (2011) *Modelling Transport*. (Wiley, Ed) *Modelling Transport* (Fourth edit.). Jhon Wiley & Sons, Ltd, United Kingdom. doi:10.1002/9781119993308.
- Ponce, A. R. (1992) *Administración moderna*. Editorial Limusa.
- Portal. (2003) Inner Urban Freight Transport and city logistics PORTAL Written Material 1 www.eu-portal.net. *System*, 1–51. Obtido de www.eu-portal.net
- Portugal, L. da S. (2012) *Polos geradores de viagens orientados à qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens*. Rio de Janeiro: Interciência (Interciênc.). Rio de Janeiro - Brasil.

- Pourabdollahi, Z., Mohammadian, A. (Kouros), e Kawamura, K. (2012) A Behavioral Freight Transportation Modeling System: An Operational and Proposed Framework. *Proceedings of the 14th Annual International Conference on Electronic Commerce* (p. 196–203). ACM, New York, NY, USA, NY, USA. doi:10.1145/2346536.2346574.
- PTV/Group. (2017) PTV VISUM.
- Quinlan, J. R. (1986) Induction of decision trees. *Machine learning*, 1(1), 81–106.
- Rodrigues, P., e Schultz, F. (2012) Modelos comportamentais desagregados: uma análise conceitual. *UFRG*.
- Roorda, M. J., Cavalcante, R., McCabe, S., e Kwan, H. (2010) A conceptual framework for agent-based modelling of logistics services. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(1), 18–31.
- Routhier, J.-L., e Toilier, F. (2007) A policy oriented software of modelling urban goods movement. FRETURB V3,. *11th WCTR*.
- Russo, F. (2013) Modeling behavioral aspects of urban freight movements. *Freight transport modelling* (p. 353–375). Emerald Group Publishing Limited.
- Russo, F., e Comi, A. (2002) A general multi-step model for urban freight movements. *Population*, 700(800,000), 0–900.
- Russo, F., e Comi, A. (2010) A modelling system to simulate goods movements at an urban scale. *Transportation*, 37(6), 987–1009.
- Santos, E. M. dos. (2008) *Contribuição à Gestão da Distribuição de Cargas em Áreas Urbanas sob a Ótica do Conceito City Logistics*. TDM-013A/2008. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília DF, Brasil.
- Santos, E. M. dos. (2015) *Uso de Dados de Documentos Fiscais Eletrônicos para o Planejamento do Transporte Urbano de Cargas*. T.D.-002/2015. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília DF, Brasil.
- Scanlan, B. K., e Keys, B. (1983) *Management and organizational behavior*. (Vol. 45). Wiley.
- SCT, e SDG. (2006) *Manual de modelación*. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (SCT-NIS-04.). México.
- SCT, Steer Davies Gleave, e Transconsult. (2006) *Manual de Modelación: modelación de demanda para carreteras de cuota*. Secretaria de Comunicaciones y Transporte, México. Obtido de <http://www.sct.gob.mx/normatecaNew/manual-de-modelacion-para-carreteras-de-cuota/>
- Sisk, H. L. H. L., e Sverdlik, M. (1982) *Administración y gerencia de empresas*.

- Sivakumar, A. (2007) Modelling transport: a synthesis of transport modelling methodologies. *Imperial College of London*.
- Soni, G., e Kodali, R. (2011) A critical analysis of supply chain management content in empirical research. *Business Process Management Journal*, 17(2), 238–266. doi:10.1108/14637151111122338
- Southworth, F. (1982) An urban goods movement model: Framework and some results. *Papers of the Regional Science Association*, 50(1), 165–184. doi:10.1007/BF01940119
- Souza, C. D. R. de, e D’Agosto, M. de A. (2013) Modelo de quatro etapas aplicado ao planejamento de transporte de carga. *Journal of Transport Literature*, 7(2), 207–234. doi:10.1590/S2238-10312013000200011.
- SPED. (2018) Sistema Público de Escrituração Digital. *Receita Federal*. Obtido 17 de janeiro de 2018, de <http://sped.rfb.gov.br/projeto/show/271>
- Taniguchi, E., e Heijden, R. E. C. M. Van Der. (2000) An evaluation methodology for city logistics. *Transport Reviews*, 20(1), 65–90. doi:10.1080/014416400295347
- Taniguchi, E., e Shimamoto, H. (2004) Intelligent transportation system based dynamic vehicle routing and scheduling with variable travel times. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 12(3–4), 235–250. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2004.07.007>
- Taniguchi, E., e Tamagawa, D. (2005) Evaluating city logistics measures considering the behavior of several stakeholders. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 3062–3076.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G., e Yamada, T. (2014) Recent Trends and Innovations in Modelling City Logistics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, 4–14. doi:10.1016/j.sbspro.2014.01.1451
- Tavasszy, L., e De Jong, G. (2014a) *Modelling Freight Transport*. (Elsevier, Ed) *Igarss 2014*. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- Tavasszy, L., e De Jong, G. (2014b) Data Availability and Model Form. *Modelling Freight Transport* (p. 229–244). doi:10.1016/B978-0-12-410400-6.00010-0.
- Terry, G. R., e Franklin, S. G. (1982) Principles of management. Illionis America: Richard D. Irwin.
- Thompson, R. G. (2015) Vehicle Orientated Initiatives for Improving the Environmental Performance of Urban Freight Systems. B. Fahimnia, G. H. M. Bell, A. D. Hensher, & J. Sarkis (Eds), *Green Logistics and Transportation: A Sustainable Supply Chain Perspective* (p. 119–129). Springer International Publishing, Cham. doi:10.1007/978-

- Van Duin, J. H. R., Tavasszy, L. A., e Taniguchi, E. (2007) Real time simulation of auctioning and re-scheduling processes in hybrid freight markets. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(9), 1050–1066.
- Visser, J., e Maat, K. (1996) A simulation model for urban freight transport with GIS. *Geographic Information Systems. Proceeding os Seminar J Held at the PTRC European Transport Forum, Brunel University, England, 2-6 SEPTEMBER 1996*.
- Visser, J., Van Binsbergen, A., e Nemoto, T. (1999) Urban freight transport policy and planning. *City logistics I*, 39–69.
- Wang, Q., e Holguín-Veras, J. (2008) Tour-based entropy maximization formulations of urban commercial vehicle movements. *European Transport Conference 2008; Proceedings*.
- Wardrop, J. G. (1952) Road Paper. Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research. *ICE Proceedings: engineering divisions* (Vol. 1, p. 325–362). Thomas Telford.
- Wisetjindawat, W., e Sano, K. (2003) A behavioral modeling in micro-simulation for urban freight transportation. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 2193–2208.
- Wisetjindawat, W., Sano, K., Matsumoto, S., e Raathanachonkun, P. (2007) Micro-simulation model for modeling freight agents interactions in urban freight movement. *CD Proceedings, 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC* (p. 21–25).
- Witlox, F. (2007) Logistics systems for sustainable cities. *Cities*, 24(6), 462–463. doi:10.1016/j.cities.2007.07.003.
- Woudsma, C. (2001) Understanding the Movement of Goods, Not People: Issues, Evidence and Potential. *Urban Studies*, 38(13), 2439–2455. doi:10.1080/00420980120094605
- Xu, J., Hancock, K. L., e Southworth, F. (2003) Dynamic freight traffic simulation providing real-time information. *Simulation Conference, 2003. Proceedings of the 2003 Winter* (Vol. 2, p. 1711–1719). IEEE.
- Yamashita, Y. (1996) Previsão da demanda de viagens para análises de investimentos pelo método de crescimento com restrição. In *Anais do IV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET* (p. 61–72). Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes-ANPET, Brasil.
- Yannis, G., Golias, J., e Antoniou, C. (2006) Effects of urban delivery restrictions on traffic movements. *Transportation Planning and Technology*, 29(4), 295–311.

- Young, W., Richardson, A. J., Ogden, K. W., e Rattray, A. L. (1983) An inter-urban freight mode choice model. *Transportation Planning and Technology*, 8(1), 61–80. doi:10.1080/03081068308717238
- Zhang, M., Janic, M., e Tavasszy, L. A. (2015) A freight transport optimization model for integrated network, service, and policy design. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 77, 61–76. doi:10.1016/j.tre.2015.02.013

ANEXOS

A. Campos selecionados da NF-e

Quadro A-6-1: Campos selecionados da NF-e

Campo	Descrição	Observações
Dados da Nota Fiscal Eletrônica		
infNFe	Grupo das informações da NF - e	
Id	Identificador da TAG a ser assinada	Clave de acesso da NF – e precedida do literal “NFe”
Identificação da Nota Fiscal eletrônica		
Ide	Grupo de informações de identificação da NF - e	
dEmi	Data de emissão da NF - e	Formato “AAAA-MM-DD”
tpNF	Tipo de operação da NF - e	0 –entrada / 1-saída
Identificação do Emitente/Destinatário (1) da Nota Fiscal eletrônica		
emit	Grupo de identificação do emitente da NF – e	
CNPJ	Nº cadastro nacional de pessoa jurídica	Informar os zeros não significativos
CPF	Nº cadastro nacional de pessoa física	Informar os zeros não significativos
xNome	Nome ou razão social	
xFant	Nome da fantasia	
enderEmit	Endereço do emitente	Inclui logradouro (cLgr) e número (nro), etc ⁽²⁾
cMun	Código do município	
xMun	Nome do município	
UF	Sigla da unidade federativa do Brasil	Utilizar a tabela de códigos do IBGE
CEP	Código de endereçamento postal	Informar os zeros não significativos
IE	Inscrição estadual	Informar quando destinatário é contribuinte do ICMS
CNAE	Cód. nacional de atividades econômicas	Não informado em todo tipo de operação
Identificação do Local de retirada/entrega da NF - e		
Retirada/entrega	Grupo de identificação do local de retirada/entrega da NF - e	
CNPJ	Nº cadastro nacional de pessoa jurídica	Informar os zeros não significativos
cMun	Código do município	Utilizar a tabela do IBGE
Produtos e Serviços da NF – e		
prod	Grupo do detalhamento de Produtos e Serviços da NF - e	
NCM	Nomenclatura Comum do Mercosul c/8 ou 2 dígitos numéricos (gênero).	Utilizar 00 se item de serviço ou que não tenha produto
CFOP	Código fiscal de operações e prestações	(ex: transferência de ativo imobilizado)
vProd	Valor total bruto dos produtos ou serviços por tipo de produto	Utilizar tabela CFOP
Total da NF – e		
total	Grupo Totais da NF – e	
vNF	Valor total da NF – e (inclui tributos e despesas cobradas, tais como seguro e frete)	
vProd	Valor total dos produtos da NF - e	
Informações do Transporte da NF – e		
transporta	Grupo de informação do Transporte da NF – e	
CNPJ	CNPJ do transportador	Informar os zeros não significativos
CPF	CPF do transportador	Informar os zeros não significativos
xNome	Razão social ou nome do transportador	
veiTransp/reboque	Grupo Veículo Transporte e Grupo Reboque	
Placa	Placa do veículo	Informar no formato XXX9999
vol	Grupo Volumes	
PesoB	Peso Bruto (em km) da NF - e	

Notas: (1). Dados iguais para o destinatário. Grupo emit torna-se dest e o campo enderEmit torna-se enderDest

(2) Inclui ainda o bairro (xBairro) e complemento (xCpl)

Fonte: (Santos, 2015), adaptado de NFE (2016).

B. Modelos de DANFE

REQUISITOS OS PRODUTOS/SERVIÇOS CONSTANTES NA NOTA FISCAL INDICADA AO LADO		NF-e N : 701 SÉRIE : 1	
DATA DE RECEBIMENTO:		IDENTIFICAÇÃO E ASSINATURA DO RECEBIDOR	
	Impulso LTDA Rua São Paulo, 21 Bucarein Joinville SC	DANFE Documento auxiliar da Nota Fiscal Eletrônica Saída: 1 Entrada: 2 N: 701 SÉRIE : 1	CONTROLE DO FISCO
NATUREZA DA OPERAÇÃO			
IMPULSO EQUIPAMENTOS PARA GASTRONOMIA			
INSCRIÇÃO ESTADUAL	INSCRIÇÃO ESTADUAL SUBSTITUTIVA	CPF	CHAVE DE ACESSO DA NF-e CONSULTAR SITE: WWW.NF-E.FAZENDA.GOV.BR
250607760		83123141000200	42081183123141000200550010000007010046403276
DESTINATÁRIO/REMETENTE			
NOME/RAZÃO SOCIAL		CPF/CNPJ	DATA DE EMISSÃO
???????????? DA SILVA		83123141000200	25/11/2008
ENDEREÇO		CARRIO/DISTRITO	CEP
RUA DO CENTRO , 987		CENTRO	87500000
MUNICÍPIO	UF	INSCRIÇÃO ESTADUAL	DATA DE SAÍDA/ENTRADA
UMUARAMA	PR	492526267118	25/11/2008
FATURA			
Número Data Vcto. Valor			
CÁLCULO DO IMPOSTO			
BASE DE CÁLCULO DE ICMS	VALOR DO ICMS	BASE DE CÁLC. DE ICMS SUBSTITUIÇÃO	VALOR DO ICMS SUBSTITUIÇÃO
980.00	909.00	980.00	678.00
VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS
20.00	15.00	5.00	10.00
VALOR DO ICMS			VALOR DO ICMS
			0.50
VALOR DO ICMS			VALOR DO ICMS
			1.00
TRANSPORTADOR/VOLUMES TRANSPORTADOS			
RAZÃO SOCIAL	CNPJ	CÓDIGO ANTT	PLACA DO VEÍCULO
MOA TRANSP	1	123456	ABC0908
ENDEREÇO	MUNICÍPIO	UF	INSCRIÇÃO ESTADUAL
RUA TRANSP	MARINGÁ	PR	9879897
QUANTIDADE	ESPECIE	MARCA	NÚMERO
1	ESPECIE	MARCA	1
PESO BRUTO	PESO LÍQUIDO		
1000	1000		
DADOS DO PRODUTO/SERVIÇO			
CÓD. PRODUTO	DESCRIÇÃO DO PRODUTO/SERVIÇO	NÚMERO	CÓD. FISCAL
1000	MARCA	100000	00
1000	SABOR	100000	20
1000	SABOR	100000	40
CÁLCULO DO ISSQN			
INSCRIÇÃO MUNICIPAL	VALOR TOTAL DOS SERVIÇOS	BASE DE CÁLCULO DO ISSQN	VALOR DO ISSQN
DADOS ADICIONAIS			
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES		OBSERVAÇÃO AO FISCO	

Figura A-6-1: Modelo de DANFE

Fonte: Ponto DF - <http://www.pontodf.com.br/pagina/nfe-ou-nfes.html>

APÊNDICE

C. Modelos de transporte convencionais

MODELOS CONVENCIONAIS

O estudo CATS publicado em 1962 transformou-se em referência no desenvolvimento de planos integrais de áreas metropolitanas (BLACK, 1990). As metodologias de transporte urbano geradas a partir deste estudo têm sido utilizadas em diversos contextos de planejamento, tanto em cidades norte-americanas, quanto em outras cidades do mundo. Além disso, essas metodologias têm sofrido adaptações e melhoras estruturais devido a este uso.

Os modelos convencionais são conhecidos formalmente como modelos de quatro etapas, pois apresentam quatro etapas sequenciais na sua estrutura: a geração, a distribuição, a divisão modal e a alocação das viagens. Por meio desse método, é possível identificar quantas viagens são produzidas e atraídas, onde iniciam ou terminam essas viagens, que modo de transporte utilizam e quais trajetos são empregados no deslocamento.

Segundo Bruton (1979); Mello (1981); e, Ortúzar e Willumsen (2011) os modelos convencionais estão baseados em um zoneamento e um sistema de redes viárias, utilizando dados agregados das variáveis associadas às características socioeconômicas e demográficas das zonas de tráfego da área urbana em estudo.

Para Souza e D'Agosto (2013) o modelo clássico é um modelo versátil e muito utilizado principalmente na análise da previsão da demanda. Segundo estes autores, este modelo apresenta um grande potencial para ser aplicado no planejamento do transporte de carga no Brasil. No entanto, relata-se a necessidade de ser aprimorado, a fim de melhorar a representatividade do movimento real da carga no âmbito urbano. Todavia, o autor não relata como deveria ser esse aprimoramento.

Uma das principais críticas destes modelos é que na sequência das etapas não são claras as representações das decisões do usuário de transporte. Estes modelos, muito embora ainda sejam utilizados, têm deficiências devido ao fato de não incorporarem dimensões importantes em sua estrutura, o que não contribui no fornecimento de informações detalhadas sobre o comportamento da viagem (ARRUDA *et al.* 2007).

O começo do modelo de quatro etapas, dá-se com a obtenção de dados de origem e destino das viagens além de informações sócio-econômicas utilizadas na modelagem, a zonificação geográfica a ser utilizada e a estruturação da rede viária, bem como a definição dos objetivos, recursos disponíveis e respectivos escopo e horizontes, de planejamento. Com estes dados, alimenta-se o modelo de geração de viagens como o intuito de prever o número de viagens geradas e atraídas por cada uma das zonas consideradas no estudo. A seguir são tratadas individualmente estas quatro etapas, porém relacionando-as ao TUC. Para um conhecimento mais aprofundado desse modelo recomenda-se a leitura de ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011.

GERAÇÃO DE VIAGENS

O objetivo principal desta etapa é determinar o número de viagens produzidas ou atraídas por cada zona de tráfego, empregando modelos matemáticos, junto com outras variáveis, tais como, variáveis socioeconômicas da área em estudo (BRUTON, 1979; MANHEIM, 1979; MELLO, 1981; ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). Na literatura existe uma variedade de submodelos normalmente empregados na etapa de Geração, dentre eles estão: modelo de regressão linear, modelo de fator do crescimento, modelo de regressão zonal múltipla, modelo de classificação cruzada, e o modelo de árvore de decisão.

Todos esses modelos citados não são adequados para caracterizar o comportamento dos fluxos de carga em áreas urbanas, em parte porque os dados são agrupados por zonas de tráfego o que não representa o padrão de comportamento das viagens urbanas de carga. Por sua vez, a demanda por transporte de carga tem outra dinâmica muito diferente da demanda por transporte de passageiros. Pode-se dizer que a demanda por transporte de passageiros tende a ser padronizada e de certa forma determinística por determinados período de tempo, em razão de que, em muitos casos, as viagens por trabalho são pendulares.

O TUC não pode ser padronizado devido aos diferentes tipos de cargas existentes, pela diversidade de forma em tamanho e volume, pela forma de carregamento, que pode ser a granel, líquida ou sólida, e que demanda diversos tipos de equipamentos de embarque e desembarque, além de diferentes veículos com características específicas para o transporte. Além disso, as viagens podem ser encadeadas ou de entregas diretas. A demanda por transporte de carga é aleatória e em função de uma série de fatores econômicos e sociais de

difícil previsão. Outro fator importante que influencia no TUC são as tendências tecnológicas, por exemplo, o comércio eletrônico que tem influenciado demasiadamente no crescimento de entregas urbanas mais dispersas e com volumes menores.

Modelo de regressão

Basicamente este modelo tem como objetivo a construção de uma relação linear ou não, entre a variável dependente (geralmente o número de viagens) e diversas variáveis independentes que as influenciam. Segundo Ortúzar e Willumsen (2011) os tipos de variáveis utilizadas normalmente nos estudos são: população, renda, propriedade de veículo, tamanho do domicílio, estrutura do domicílio, valor do solo, densidade residencial e comercial e, acessibilidade.

O ajuste do modelo define sua escolha, e isto é avaliado através de testes estatísticos padrão, principalmente o coeficiente de correlação múltipla (R), o erro padrão de estimativa (p), a significância do coeficiente de regressão de cada variável independente (teste estatístico T), o coeficiente de determinação (R^2) e a estatística F . Segundo Bruton (1979); Ortúzar e Willumsen (2011) o modelo de regressão múltipla, é um dos modelos de regressão comumente utilizado para estimar a geração, no qual é considerada a influência de uma ou mais variáveis independentes.

No caso do TUC, os dados utilizados têm apresentado uma distribuição não normal, o que tem provocado a necessidade de tratamentos nas variáveis. Um tratamento verificado é aplicação da transformação logarítmica.

Modelo de fator do crescimento

Segundo Ortúzar e Willumsen (2011) é uma técnica que pode ser empregada para prever o número de viagens futuras realizados por cada categoria (renda, propriedade de veículo, estrutura e tamanho do domicílio). O fator de crescimento basicamente está relacionado com variáveis como população, renda e propriedade de veículo ou a taxa de motorização. O problema deste modelo está na dificuldade da estimativa do respectivo fator.

Um aspecto a ser avaliado no uso de taxas de crescimento no TUC é o comportamento das viagens em relação ao que ocorre com o volume e pesos transportados. Espera-se menor elasticidade para as viagens e maior para estas variáveis

Modelo de classificação cruzada

O modelo consiste em estimar o número de viagens produzidas por cada domicílio por um motivo dado, como uma função dos atributos do domicílio, e baseando-se na hipótese que as taxas de crescimento são relativamente estáveis no tempo para determinadas categorias de domicílios. Segundo Bruton (1979) e, Ortúzar e Willumsen (2011) o problema deste modelo está na estimativa do número de domicílios para cada categoria no ano horizonte.

Modelos de árvore de decisão

Este método é uma alternativa aos problemas de classificação, tem por objetivo gerar subgrupos com características homogêneas, dando como resultado uma árvore hierárquica que serve para prever ou classificar um conjunto de dados. Existem vários algoritmos utilizados para a classificação, dentre eles o ID3 desenvolvido por Quinlan (1986), considerado o pai das árvores de decisão e, outros algoritmos que foram criados como evolução do ID3.

DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

Com a estimativa total do número de viagens produzidas e atraídas por cada uma das células da matriz das zonas consideradas no estudo, nesta etapa, é realizada a distribuição das viagens geradas para os diferentes destinos possíveis, dando como resultado a matriz de viagens Origem – Destino (O/D) (BRUTON, 1979; MANHEIM, 1979; MELLO, 1981; ORTÚZAR E WILLUMSEN, 2011).

Na literatura existem vários modelos utilizados na distribuição das viagens para atualizar as matrizes de viagens ou prever matrizes futuras, dentro os mais utilizados estão: modelos de fator de crescimento, método *Fratar e Furness*, modelos sintéticos ou gravitacionais e, maximização da entropia.

Antes de discorrer sobre os modelos de distribuição é importante conhecer o que se refere ao custo da viagem, normalmente nomeado como o custo generalizado de transporte. Este custo é uma função linear dos atributos da viagem, ponderada por coeficientes que representam a importância de tais atributos de acordo como são percebidos pelos viajantes. O custo generalizado para um modo de transporte, pode ser expressado da seguinte forma:

$$C_{ij} = a_1 t_{ij}^v + a_2 t_{ij}^w + a_3 t_{ij}^t + a_4 t_{nij} + a_5 F_{ij} + a_6 \phi_j + \delta$$

Onde:

t_{ij}^v : tempo de viagem no veículo para ir do ponto i até o ponto j ;

t_{ij}^w : tempo de caminhada desde e para o ponto de parada (estacionamento);

t_{ij}^t : tempo de espera na parada (a procura de vaga para estacionar);

t_{nij} : tempo de transbordo se tiver;

F_{ij} : tarifa para ir do ponto i até o ponto j ;

ϕ_j : custo no terminal (custo de estacionar), associado com a viagem de i até j ;

δ : fator que inclui os custos não considerados no custo generalizado, associado a variáveis latentes, por exemplo: conforto, segurança dentre outros.

$a_1 \dots a_6$: pesos associados a cada custo, com ponderação adequada para levar cada atributo na mesma unidade de medida, por exemplo: monetários ou tempo.

Modelos de fator de crescimento

Segundo Ortúzar e Willumsen (2011) os modelos do fator de crescimento dependem da disponibilidade de dados para estimar este tipo de fatores, considerando que se conhece uma matriz de viagens no ano base.

- a) Fator de crescimento uniforme: este modelo depende de um fator de crescimento obtido com base em estudos existentes, aplicado a todas as células da matriz. Também existe o fator de crescimento uniforme simplesmente delimitado, quando se tem informação sobre o crescimento das viagens originadas por cada zona ou o crescimento das viagens atraídas por cada zona.
- b) Fator médio de crescimento: este caso ocorre quando se tem um fator de crescimento com delimitação dupla, ou seja, fator tanto para Origens quanto para Destinos. Para isso considera-se um fator para cada par O/D, definido pela média dos fatores de crescimento da origem e o fator de crescimento do destino. Segundo Ortúzar e Willumsen (2011) esta consideração não é muito adequada, devido as condições relativas não satisfeitas dos totais por fila e coluna. Para este caso, existem vários métodos iterativos que permitem satisfazer esses totais, dentre eles o método de Fratar e o método de Furness.
- c) Método de Fratar: este método é um aprimoramento do fator de crescimento uniforme e médio, onde também é realizado um processo iterativo para prever as viagens interzonas por meio de aproximações sucessivas. Este método considera que o número de viagens que saem de uma zona i para uma zona j , é proporcional ao número de

viagens totais atuais que saem de da zona i afetado por um fator de crescimento da zona j , conforme um processo³⁶ consecutivo de três etapas.

- d) Método de Furness: este método introduze duas variáveis para o balanceamento A_i e B_j , e que unifica os percentuais de crescimento em duas novas variáveis a_i e b_j , dando como resultado a seguinte expressão:

$$T_{ij} = t_{ij}a_ib_j$$

Sendo que:

$$a_i = \tau_i A_i \text{ e } b_j = \tau_j B_j$$

Os fatores a_i e b_j são calculados de forma que satisfaçam as restrições das origens e os destinos, de acordo com um processo iterativo³⁷. É importante mencionar que nestes métodos não são considerados os efeitos da distância ou separação dentre zonas.

Modelos sintéticos ou gravitacionais

Estes modelos foram derivados da Lei da Gravidade de Newton³⁸, com a finalidade de estimar o número de viagens em cada célula da matriz O/D, sem utilizar diretamente a estrutura de viagens observada. Portanto, estes modelos são comumente nomeados como modelos sintéticos (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). A expressão desta analogia está dada por:

$$T_{ij} = \frac{\alpha P_i P_j}{d_{ij}^2}$$

Onde:

T_{ij} : número de viagens com origem em i e destino em j ;

P_i e P_j : populações das cidades origem e destino;

α : parâmetro de calibração; e,

d_{ij} : distância entre i e j .

Posteriormente este modelo foi aprimorado, utilizando a totalidade das gerações e as atrações (O_i e D_j), no qual, assumiu-se que o efeito poderia ser modelizado com maior

³⁶ Etapas método Fratar: 1) calcular o fator de crescimento para cada zona de tráfego $\tau_i = T_i/t_i$; 2) estimar as viagens futuras entre zonas de tráfego $t_{ij} = T_{ij}\tau_i\tau_j(L_i + L_j)/2$, $L_{ij} = \sum t_{ij}/(t_{ij}\tau_{ij})$; 3) construir a nova matriz e repetir os passos até que o fator de crescimento esteja dentro da precisão desejada.

³⁷ Processo método Furness: 1) fazer todos os valores $b_j = 1$ e encontrar os a_i de forma que resultem satisfeitas as condições das origens (gerações); 2) com os últimos valores de a_i , encontram-se os valores de b_j de forma que a matriz satisfaça a restrição dos destinos (atrações); 3) mantendo os b_j fixos, encontram-se os de a_i e se repetem os passos 1 e 2 até que a matriz convirja (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011).

³⁸ Lei de Newton: “a força de atração entre dois corpos é igual ao produto das massas dos dois corpos e inversamente proporcional ao quadrado das distâncias entre eles”

eficiência considerando-o como uma função de custo, com um ou mais parâmetros de calibração, basicamente:

$$T_{ij} = \alpha O_i D_j f(c_{ij})$$

Onde:

$f(c_{ij})$: é uma função de custo generalizado da viagem, normalmente nomeada função de impedância³⁹. Dentre as funções mais comuns estão:

$f(c_{ij}) = e^{-\beta c_{ij}}$	Função exponencial negativa
$f(c_{ij}) = c_{ij}^{-n}$	Função exponencial inversa
$f(c_{ij}) = c_{ij}^{-n} e^{-\beta c_{ij}}$	Função Combinada

Segundo Ortúzar e Willumsen (2011), ainda que este modelo seja o de maior entendimento dentro dos modelos de distribuição, devido a vantagem que tem na estimativa das viagens para cada célula da matriz O/D sem utilizar diretamente uma matriz observada, é importante mencionar a desvantagem que este modelo tem devido às diferentes manipulações necessárias para a obtenção de um resultado satisfatório, bem como a incerteza que existe em que os fatores tanto socioeconômicos quanto aos relacionados ao tempo da viagem tenham validade no futuro.

Como mencionado antes, este modelo faz parte das técnicas mais utilizadas por sua versatilidade, tanto no transporte de passageiros quanto no transporte de carga. No entanto, caso específico do TUC, a maior desvantagem está na consideração utilizada na distribuição das viagens, uma vez que o movimento das mercadorias na área urbana está, em sua maioria, representado por viagens encadeadas. E, neste modelo as viagens são vistas como movimentos pendulares, o que torna a técnica não adequada para análises deste tipo de sistemas de transporte.

³⁹ Impedância significa qualquer tipo de ao movimento, definida por uma ou várias variáveis, mas quando é utilizado um conjunto destas variáveis é comumente nomeado como custo generalizado.

Maximização da entropia

Este modelo está baseado na hipótese de que, ao menos que se tenham informações contraditórias, todos os microestados⁴⁰ consistentes com a informação com estados mais agregados (mesoestados⁴¹ ou macroestados⁴²) têm a mesma probabilidade de acontecer. Portanto, tem que ser identificado o mesoestado mais provável, ou seja, aquele que tenha o maior número de microestados associados, considerando as restrições do mesoestado considerado.

2.3.1.1 Divisão modal

Nesta etapa do modelo clássico, faz-se a modelagem da partição modal, obtendo-se a previsão do número de viagens com origem em i e destino em j , para cada modalidade considerada na análise, sem interesse pelas rotas disponíveis (BRUTON, 1979; HUTCHINSON, 1974; MANHEIM, 1979; MELLO, 1981; ORTÚZAR e WILLUMSEN). Para a análise da escolha, geralmente são utilizados parâmetros relacionados com as características socioeconômicas e características do conjunto de alternativas de transporte disponíveis, cujos parâmetro, segundo Ortúzar e Willumsen (2011) classificam-se em três grupos:

- 1) Caraterísticas individuais das pessoas que efetuam a viagem. De forma geral as mais importantes são: propriedade de veículo, carteira de habilitação, estrutura do domicílio, renda, decisões tomadas em outros lugares e a densidade populacional.
- 2) Caraterísticas da viagem. A escolha da modalidade é estritamente influenciada, principalmente pela intenção da viagem e pelo período do dia em que é realizada a viagem.
- 3) Caraterísticas do elemento de transporte. Estas caraterísticas estão divididas em dois grupos (quantitativos e qualitativos). O primeiro grupo é formado pelo tempo da viagem e os custos monetários. O segundo grupo é composto pelos fatores qualitativos como o conforto, confiabilidade e segurança e, a segurança.

⁴⁰ Microestados: viagem realizada por um indivíduo, junto com sua origem, destino, modo de transporte usado, tempo da viagem, etc.

⁴¹ Mesoestados: número de viagens entre cada origem e cada destino.

⁴² Macroestados: número total de viagens em um arco ou número total de viagens gerados ou atraídos por uma zona.

Os modelos utilizados nesta etapa podem ser agregados ou desagregados, vai depender do tipo e disponibilidade dos dados. Existem dois tipos de modelos, determinísticos e probabilísticos, apresentados a seguir.

Modelos determinísticos

O objetivo destes modelos é determinar o número de viagens realizada por cada modo de transporte, por meio de métodos quantitativos, como:

- a) *Método de regressão linear*. Utilizado para fazer a distribuição modal utilizando dados agregados, por meio de uma relação matemática entre o número de viagens e os parâmetros considerados.
- b) *Método de análises de categorias ou classificação cruzada*. Consiste em dividir a população ou as zonas de tráfego em grupos relativamente homogêneos, de forma que se obtenha para cada grupo homogêneo o percentual de cada modo de transporte utilizado.
- c) *Método de curvas de desvio*. O propósito é encontrar a proporção de viagens entre dois modos de transporte, de acordo com curvas que relacionam o percentual de utilização de cada modo de transporte com outros parâmetros importantes, tais como tempo, custo, renda, etc.

Modelos probabilísticos

Estes tipos de modelos estão fundamentados na hipótese de que a probabilidade que um indivíduo selecione uma determinada alternativa, depende ou está em função da atratividade da alternativa escolhida em relação a atratividade das outras alternativas disponíveis no sistema (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). A atratividade é representada pelo conceito de utilidade, definido como a combinação de variáveis que representam características da alternativa e do indivíduo. Matematicamente a função de utilidade seria:

$$U = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

Onde:

U : utilidade resultado da escolha medida pelos parâmetros x_i do modo de transporte e os pesos a_i relativos a estes atributos.

A formulação dos modelos de escolha discreta está baseada na teoria da utilidade aleatória. Em outras palavras, o indivíduo busca maximizar sua utilidade para definir a opção escolhida dentro de um conjunto de alternativas. Segundo (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011) do ponto de vista do modelo, propõe-se que:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq}$$

Onde:

U_{jq} : utilidade da alternativa j do indivíduo q ;

V_{jq} : utilidade representativa; e,

ε_{jq} : componente do erro.

Entre os modelos mais usados para estimar a probabilidade de que um indivíduo escolha uma alternativa estão os modelos de tipo *logit* (distribuição de tipo Gumbel) e *probit* (distribuição Normal).

- a) Modelo logit multinomial: o modelo relaciona a probabilidade de que um indivíduo q escolha uma alternativa i de um conjunto de alternativas, de acordo com a utilidade aleatória. O modelo é representado pela seguinte expressão:

$$P_{iq} = \frac{e^{\beta V_{iq}}}{\sum_{A_j \in A(q)} e^{\beta V_{jq}}}$$

Onde:

P_{iq} : probabilidade de escolha da alternativa i do indivíduo q ;

iq : alternativa escolhida pelo indivíduo q ;

jq : as outras alternativas concorrentes;

V_{iq} : utilidade da alternativa i ; e,

V_{jq} : utilidade de cada uma das outras alternativas.

- b) Modelo logit binomial: este modelo é uma simplificação do modelo *logit multinomial*, em que se considera as utilidades observadas por meio de uma função linear, expressada como:

$$P_{iq} = \frac{e^{V_1}}{e^{V_1} + e^{V_2}} = \frac{1}{1 + e^{V_2 - V_1}}$$

- c) Modelo logit hierárquico: este modelo é uma alternativa quando os fatores são correlacionados dentro de um grupo de alternativas, caracterizado por uma estrutura para agrupar todas as alternativas similares em hierarquias.

ALOCACÃO DE VIAGENS

A última etapa do modelo convencional, compreende a modelagem para alocar as viagens das matrizes de viagens obtidas nas etapas anteriores para cada modalidade de transporte,

aos distintos segmentos disponíveis da rede viária. Segundo Ortúzar e Willumsen (2011), estes modelos servem principalmente para estimar os fluxos totais de tráfego na rede viária, custos de viagens, fluxos nos arcos (*links*), rotas usadas entre cada par O/D, dentre outros. De forma similar, Mello (1981) apresenta como um importante resultado ao finalizar a etapa de alocação, a possibilidade de identificação de pontos críticos de congestionamento para os diferentes cenários de planejamento.

Existem vários modelos para realizar o processo de alocação, como por exemplo, os modelos estocásticos, visto em uma etapa anterior. Estas técnicas consideram na seleção da rota, a variabilidade do custo generalizado do deslocamento através da rede viária. A seleção do modelo vai depender do tipo de transporte em análise.

Transporte particular (individual)

A análise depende da abrangência da modelagem a ser considerada (macroscópica, microscópica ou mesoscópica), bem como do volume de dados disponíveis. Entre os modelos mais utilizados estão:

- a) Modelo tudo-ou-nada: este método consiste em alocar as viagens na rede viária, por meio da atribuição tudo-ou-nada, onde é determinado o trajeto com o menor custo (impedância) e colocadas todas as viagens desse par O/D (BRUTON, 1979; ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). Cabe mencionar que este modelo somente considera o custo dos deslocamentos de forma independente da capacidade dos arcos da rede viária, supõe-se ausência de congestionamento, dentro outras considerações. Portanto este modelo teria aplicabilidade em redes de baixa solicitação, o que normalmente não ocorre no contexto urbano.
- b) Modelos estocásticos: estes modelos consideram a variabilidade que os usuários percebem nos custos e a forma como ponderam variáveis como o tempo, distância e custos generalizados. Neste método é necessário levar em conta os caminhos adjacentes ao melhor (*Second best route*). Segundo Ortúzar e Willumsen (2011) basicamente existem duas propostas aceitáveis, o método baseado em simulação que utiliza os resultados da simulação de Monte Carlo para representar as diferentes percepções que tem os usuários e o método baseado em proporções onde os fluxos são distribuídos pelas diferentes rotas alternativas, de acordo com as proporções calculadas com a expressão de tipo *logit*. No entanto, existem dificuldades no custo percebido pelos usuários de

acordo com as preferencias e, não é considerado de forma explicita o efeito do congestionamento.

- c) Modelos de equilíbrio: o congestionamento é considerado nestes modelos, os quais dependem da escolha da rota de um indivíduo condicionada pelas alternativas dos indivíduos restantes. Wardrop (1952) apresentou os princípios⁴³ de escolha de rota, o primeiro baseia-se na escolha dos indivíduos de forma independente considerando as condições do tráfego devido as escolhas dos outros e, o segundo depende da cooperação dos indivíduos na escolha da rota para produzir o melhor benefício para o sistema com um todo.

Transporte coletivo

Neste tipo de transporte a alocação das viagens pode ser realizada utilizando os modelos de alocação similares aos utilizados na alocação do transporte particular, tais como: modelo do caminho mínimo (alocação tudo-ou-nada) onde o usuário do transporte público tenta minimizar o custo generalizado para selecionar a melhor alternativa; outro modelo é da estratégia ótima, que busca selecionar um subconjunto de linhas de forma que minimize o valor esperado do custo total da viagem.

MODELOS DESAGREGADOS

Os modelos desagregados ou modelos de segunda geração, diferenciam-se dos modelos convencionais, principalmente, em que os modelos desagregados estão baseados em teorias comportamentais e atitudes individuais, desconsiderando as analogias físicas. O uso de dados individuais nos modelos desagregados implica um maior volume de dados, atenção à própria variabilidade, aplicabilidade em qualquer nível de agregação e uma menor probabilidade de que o modelo seja afetado por distorções produto de correlações entre unidades de agregação (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 2011).

⁴³ 1º princípio: “os tempos médios de viagem para todos os motoristas são o mínimo, implicando que as somas dos tempos de viagem despendidos por todos os motoristas são menores”; 2º princípio: “Os tempos de viagem em todas as rotas utilizadas, entre duas zonas de origem e destino, são iguais entre si e menores que os tempos de viagem que seriam desenvolvidos por um único veículo trafegando por qualquer rota não utilizada” (WARDROP, 1952).

Segundo Carneiro (2005) os modelos desagregados estão divididos em dois modelos: modelos comportamentais e modelos atitudinais.

Modelos comportamentais

Os modelos comportamentais, também chamados como modelos de escolha discreta que, em outras palavras, descrevem a escolha dos tomadores de decisões entre alternativas disponíveis, inseridos como submodelos no modelo clássico (RODRIGUES e SCHULTZ, 2012). Segundo Novaes (1986), estes modelos partem dos conceitos da teoria do consumidor, em que o usuário é um consumidor do serviço e as decisões desses consumidores incorporarem fatores subjetivos. Supõe-se que os padrões comportamentais não sejam incertos ou totalmente aleatórios, mas que estejam dentro de determinadas circunstâncias.

Os conceitos estatísticos e matemáticos mais utilizados para a construção de modelos comportamentais são os modelos de regressão de escolha qualitativa e análises discriminante, bem como os modelos de probabilidade linear, *logit* e *probit* tratado na sessão anterior. Para Ortúzar e Willumsen (2011) o modelo *logit* é o modelo mais usado na área de transportes.

Modelos atitudinais

Os modelos atitudinais visam identificar reações que não são passíveis de identificação com a aplicação dos modelos convencionais e comportamentais. Os modelos atitudinais precisam de informações com maior detalhe, obtidas em situações específicas e concretas. Por esse motivo são aplicados em sistemas de transporte já implantados, em busca de sua melhoria continua (MENDONÇA, 2010).

MODELOS BASEADOS EM NOVAS TECNOLOGIAS

Com o surgimento de novas tecnologias nas últimas décadas, logrou-se a implementação de técnicas para coleta de dados relacionados com o transporte, com a finalidade de entender as inter-relações entre as variáveis que intervêm nesse tipo de sistemas. Segundo Mendonça (2010) estes modelos baseados em novas tecnologias foram desenvolvidos para tentar proporcionar um melhor entendimento e representação do fenômeno de transporte a ser estudado.

D. Metodologia do modelo heurístico de Clarke e Wright

Dentro da classificação realizada por Laporte (1992) o modelo heurístico de Clarke e Wright, categoriza-se como um modelo heurístico construtivo, uma vez que este consiste na busca de uma construção viável que gere o menor custo possível. Por outra lado Ballou (1985) ressalta que o algoritmo é a técnica mais conhecida e utilizada na resolução deste tipo de problemas.

Esta metodologia foi desenvolvida e aplicada para resolver o problema clássico de roteirização, publicado no trabalho intitulado “*Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points*”. Fundamentalmente, de acordo com uma variedade de alternativas de rotas possíveis, refere-se ao ganho em distâncias de um veículo de carga que pode ser obtido ao servir vários nós de forma sucessiva (encadeada) sem retornar à base até finalizar as entregas, dando como resultado a rota ótima do veículo desde um ponto (base) para o número de pontos de parada (*stops*) para as entregas, de acordo com uma variedade de alternativas de rotas possíveis (CLARKE e WRIGHT, 1964).

Para entender esta metodologia heurística, inicia-se adoptando a pior solução para resolver a roteirização, onde cada ponto S é atendido individualmente por um veículo de carga desde o ponto base F (nó base ou *depot*) por rotas independentes, como apresentado na Figura 6-2. A distância percorrida pelo veículo de carga para realizar as entregas seria:

$$D = 2d_{FS_i} + 2d_{FS_j} = 2(d_{FS_i} + d_{FS_j})$$

Onde,

D : distância percorrida pelo veículo de carga;

d_{FS_i} : distância entre a base F e a parada S_i ;

d_{FS_j} : distância entre a base F e a parada S_j .

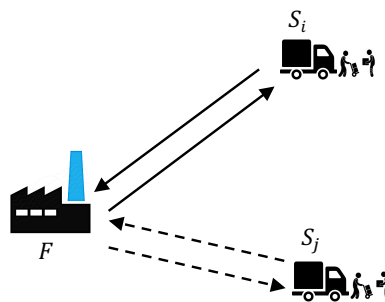


Figura 6-2 Serviço individual

De acordo com esta metodologia, a solução ótima se daria quando o veículo conseguisse atender o ponto S_i e aproveitar a mesma viagem para atender o ponto S_j , como ilustrado na Figura 6-3. Dessa forma, a distância percorrida pelo veículo de carga é representada pela seguinte expressão:

$$D' = d_{FS_i} + d_{S_iS_j} + d_{FS_j}$$

Onde,

d_{FS_i} : distância entre a base F e a parada S_i ;

$d_{S_iS_j}$: distância entre a parada S_i e a parada S_j ;

d_{FS_j} : distância entre a base F e a parada S_j .

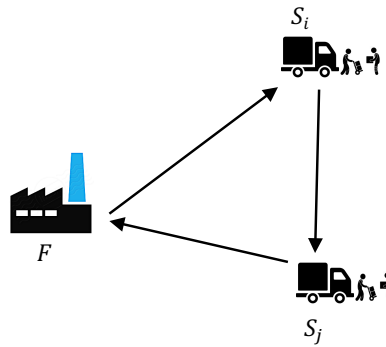


Figura 6-3 Serviço sucessivo

Comparando as duas alternativas apresentadas nas Figura 6-2 e Figura 6-3, obtém-se o ganho, conforme a análise da combinação das rotas, expressado como:

$$G = D - D' = 2(d_{FS_i} + d_{FS_j}) - (d_{FS_i} + d_{S_iS_j} + d_{FS_j}) = d_{FS_i} + d_{FS_j} - d_{S_iS_j}$$

Consequentemente, elabora-se a sequência de um roteiro, selecionando a alternativa que gere a maior economia, considerando as restrições e/ou impedâncias, segundo os atributos da rede viária utilizada para a análise, como: capacidade, tempo, velocidade, etc.

Para esta metodologia heurística Novaes (2004) e Laporte (1992) propõem uma série de passos ou etapas consecutivas como uma guia para seu entendimento e uso. No *software* TransCad, além de ter um processo de entrada de dados e apresentação dos resultados das rotas ótimas, este *software* permite gerar um arquivo gráfico georreferenciado de cada uma destas rotas, o que permite uma melhor compreensão dos resultados (CALIPER, 2017). Com isto, é possível, com ajuda da mesma ferramenta computacional gerar mapas de carregamento com o fluxo de veículos de carga ou mercadorias do segmento no cenário da análise.

E. Produções e atrações de carga.

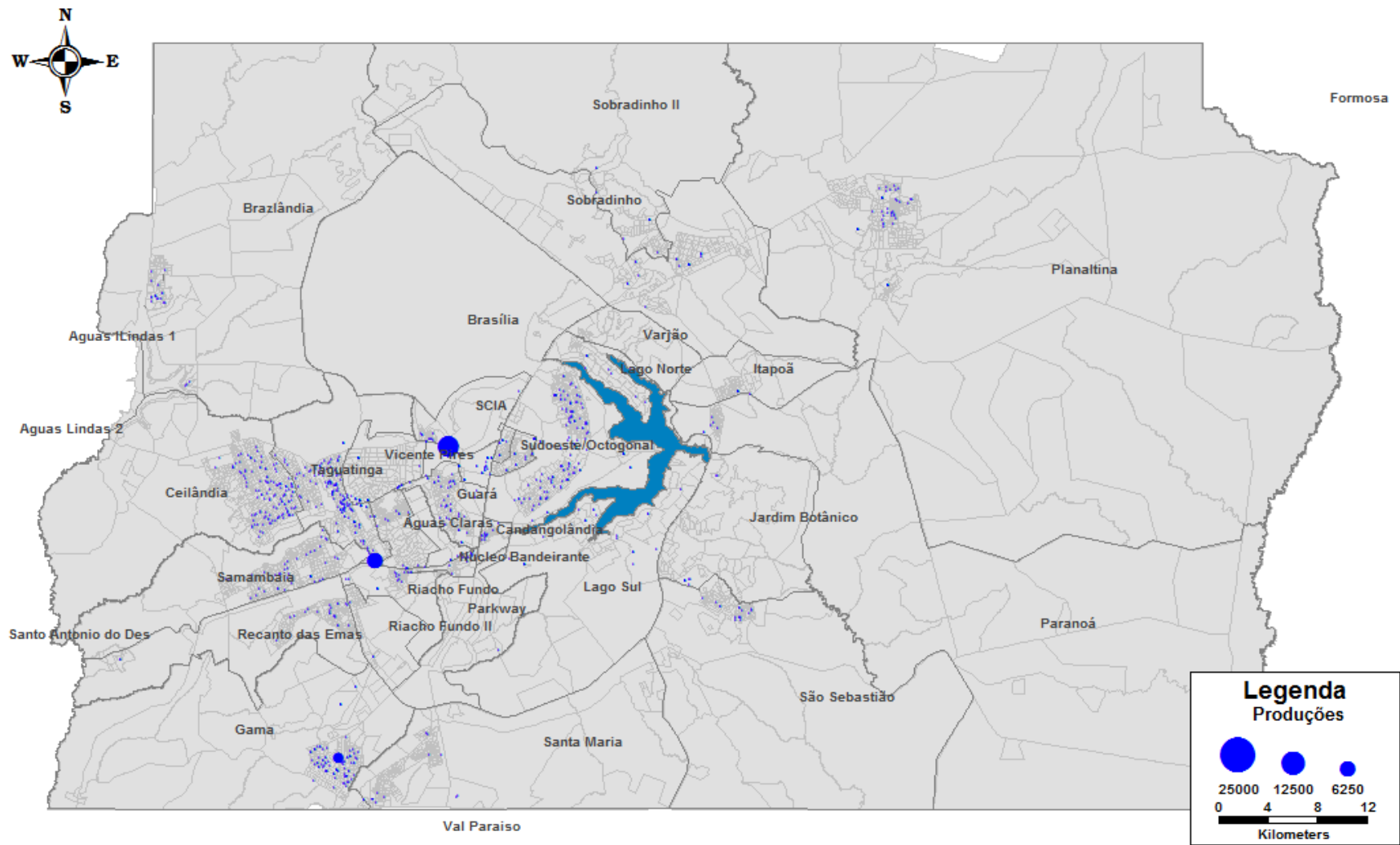


Figura 6-4 Produção de carga, NCM 22, sábado

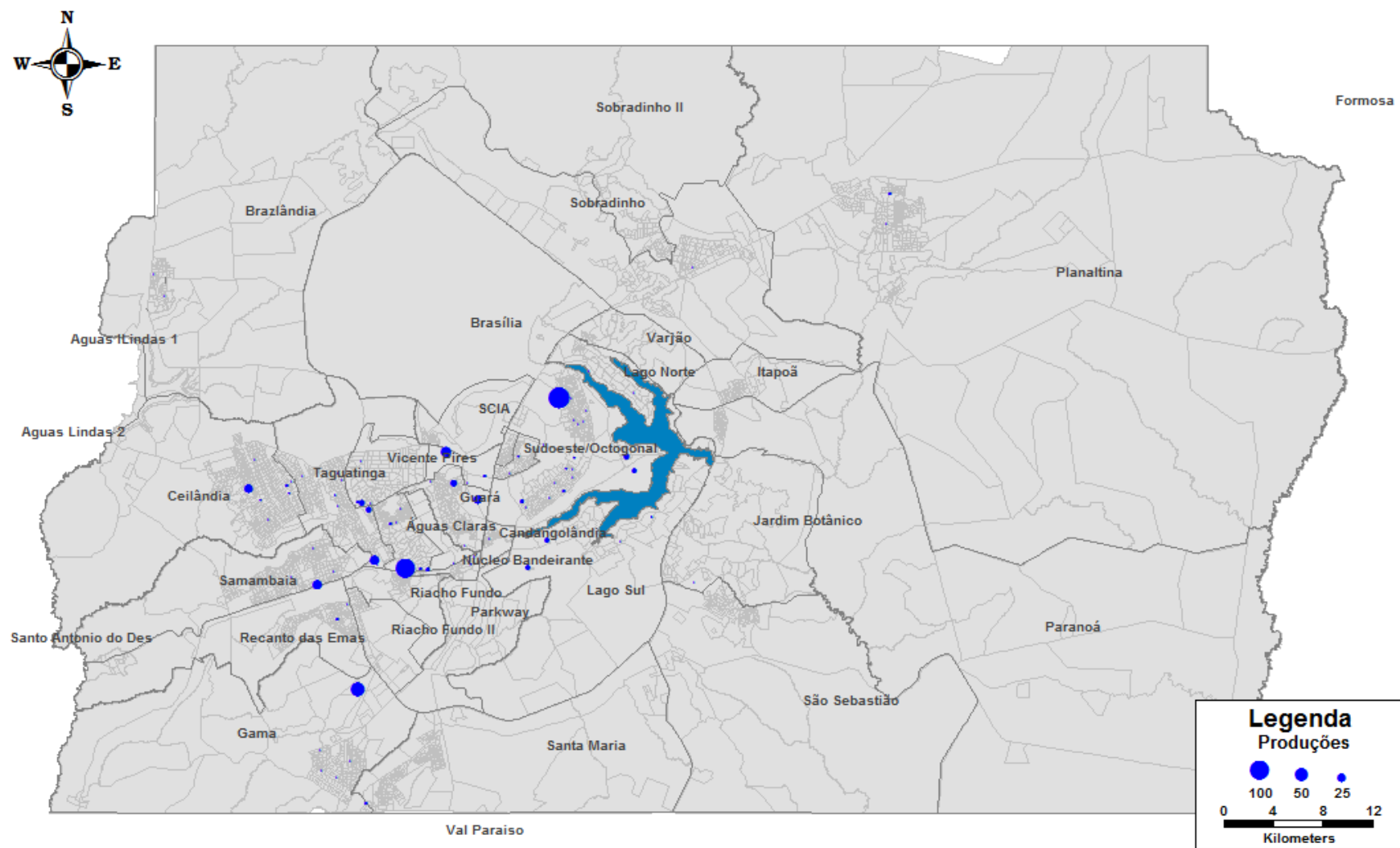


Figura 6-5 Produção de carga, NCM 22, domingo

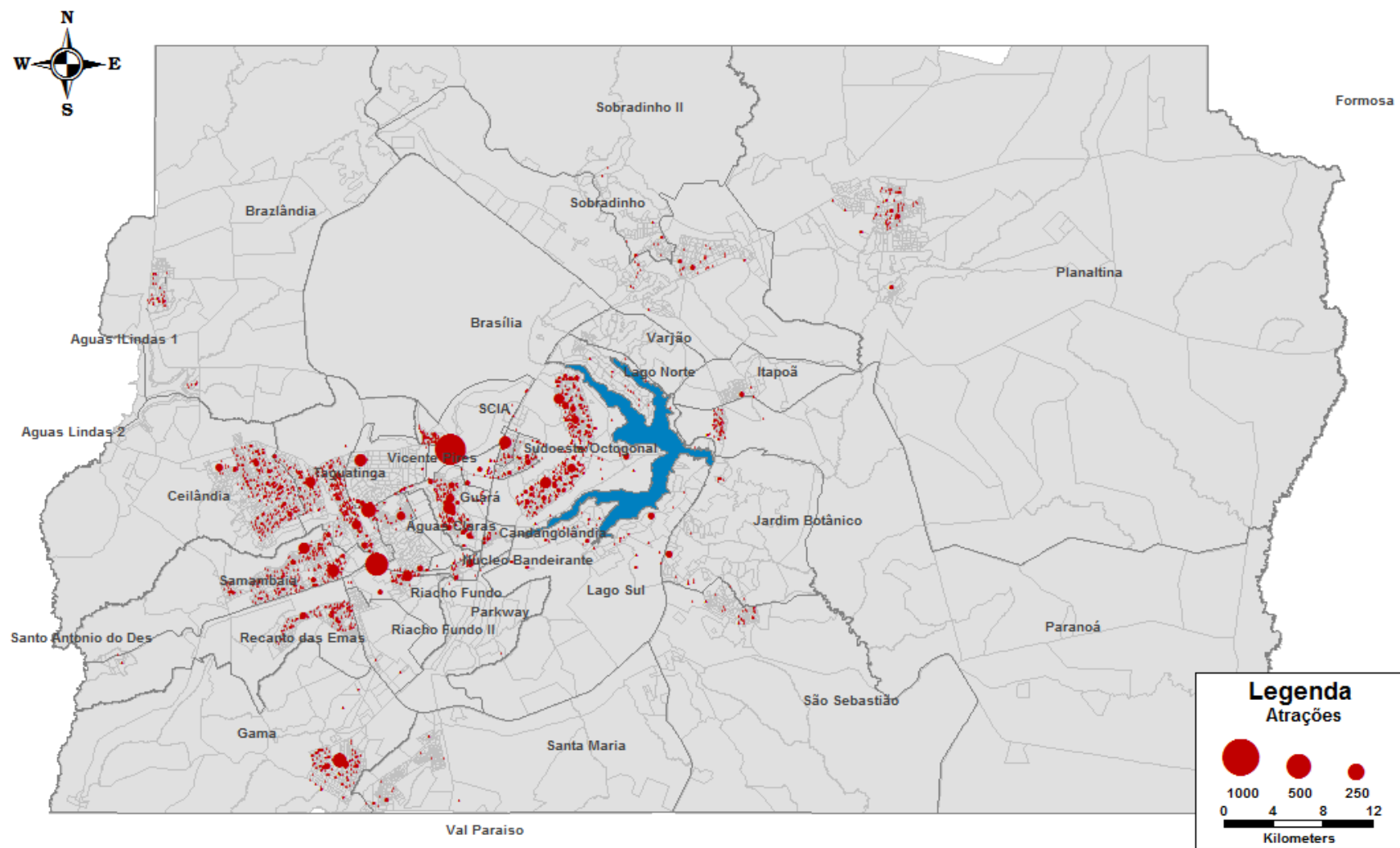


Figura 6-6 Destino de carga, NCM 22, sábado

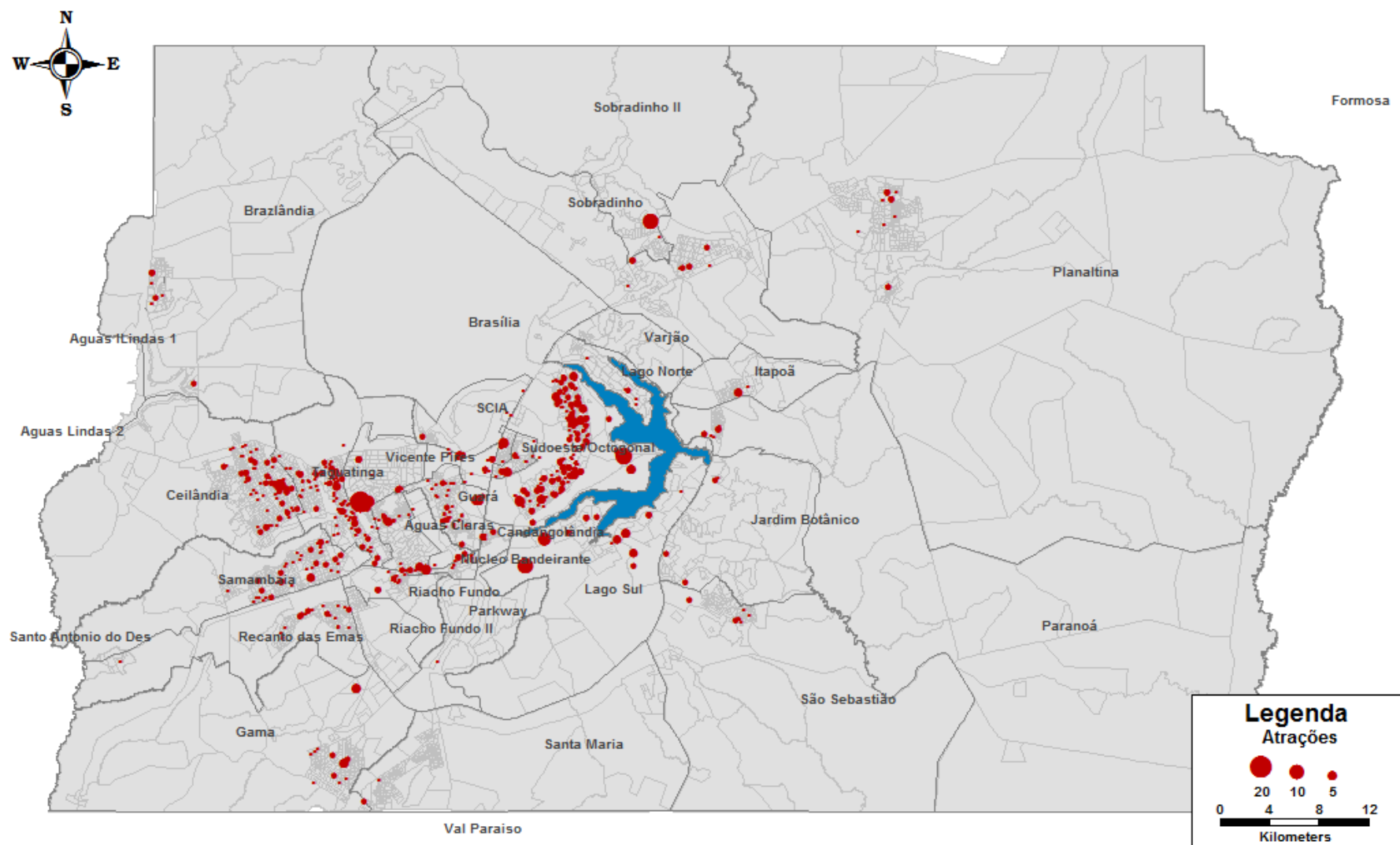


Figura 6-7 Destino de carga, NCM 22, domingo

F. Matrizes Origem/Destino

Tabela 6-1 Matriz O/D Sábado

O/D	53001080506	53001080507	53001080508	53001080509	53001080510	53001080511	53001080512	53001080513	53001080514	53001080515	53001080516	53001080517	53001080518	53001080519	53001080520	53001080521	53001080523	53001080525	53001080530	Total
53001080506	75716	1303	160	19	16	0	46	0	394	0	10608	0	0	0	0	0	1	70	0	88333
53001080507	34487	41162	22014	7362	8332	21159	2686	123	774	17993	13111	18082	7029	2095	4730	429	866	4247	2753	209434
53001080508	4618	1360	155436	517	13099	1191	289	330	1291	190469	13857	16795	2914	363	538	252	521	266	1391	405497
53001080509	1205	38	25	3569	0	0	0	0	2	550	218	0	4	1	0	0	0	0	0	5612
53001080510	12612	1329	11217	441	6497	483	1741	0	234	2056	3726	272	10420	792	1155	164	474	0	981	54594
53001080511	498	212	878	0	0	12	0	0	573	0	117	0	26	0	0	0	0	0	0	2316
53001080512	356	0	80	0	0	0	0	0	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	512
53001080513	385	60	11	0	0	0	0	0	174	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	664
53001080514	29580	14981	83964	635	16873	13917	25156	2682	4313	23758	101711	29890	47504	18455	26208	390	17524	4574	6467	468582
53001080515	2169	28	374	1114	63	62	0	1823	630	38485	270	59	351	158	390	0	293	575	0	46844
53001080516	21071	53423	136783	11674	20624	29624	12909	4202	1896	91049	35653	6703	33940	5688	13836	242	1381	827	8782	490307
53001080517	250	0	1	0	63	0	0	0	7	0	21	1	0	0	0	0	0	0	0	343
53001080518	425	70	96	87	135	187	207	69	183	140	45	10	50	0	80	11	39	0	68	1902
53001080519	2136	450	1943	0	303496	85	40	42	64	62	209	161	126	78	0	43	67	35	34	309071
53001080520	203	109	30	0	0	6	0	0	101	0	217	0	0	0	614	0	0	0	0	1280
53001080521	177	4684	9	0	39822	0	0	0	85	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	44779
53001080523	7183	6288	5981	3144	3694	3368	407	1718	22561	13119	7412	2755	2142	516	407	447	13908	143	781	95974
53001080525	185	197	12611	0	56	2008	1392	78	558	0	165	7	509	0	0	0	2555	54	0	20375
53001080530	432	146	1144	0	1	1675	0	0	197	0	60	290	0	0	0	0	0	0	0	3945
Total	193688	125840	432757	28562	412771	73777	44873	11067	34113	377681	187434	75026	105015	28146	47958	1979	37629	10791	21257	2250364

Tabela 6-2 Matriz O/D Domingo

O/D	53001080506	53001080507	53001080508	53001080509	53001080510	53001080511	53001080512	53001080513	53001080514	53001080515	53001080516	53001080517	53001080518	53001080519	53001080520	53001080521	53001080523	53001080525	53001080530	Total
53001080506	56285	9	0	0	156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56450
53001080507	0	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82
53001080508	153	191	24485	105	203	70	189	74	149	146576	237	38345	285	81	102	0	22	217	143	211627
53001080509	0	0	2723	1	0	0	0	0	0	67	119	0	0	14	0	0	0	0	0	2924
53001080510	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53001080511	0	0	0	0	338	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	343
53001080512	0	0	0	0	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124
53001080513	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
53001080514	1	0	8	38	677	0	0	11	2107	25	2	0	0	1	0	0	0	0	0	2870
53001080515	0	0	0	0	369	0	0	0	0	118371	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118740
53001080516	695	12447	36763	1421	1388	946	0	10	445	1725	660	240	351	130	239	10	141	194	100	57905
53001080517	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
53001080518	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
53001080519	624	0	111	0	56981	98	78	8	96	29	99	143	43	0	0	23	26	22	83	58464
53001080520	0	29	0	0	630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	659
53001080521	0	0	5	0	61533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61538
53001080523	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49203	0	0	49203
53001080525	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	76
53001080530	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
Total	57758	12762	64154	1565	122466	1119	267	103	2797	266793	1117	38729	679	226	341	33	49411	433	326	621079

G. Linhas de desejo

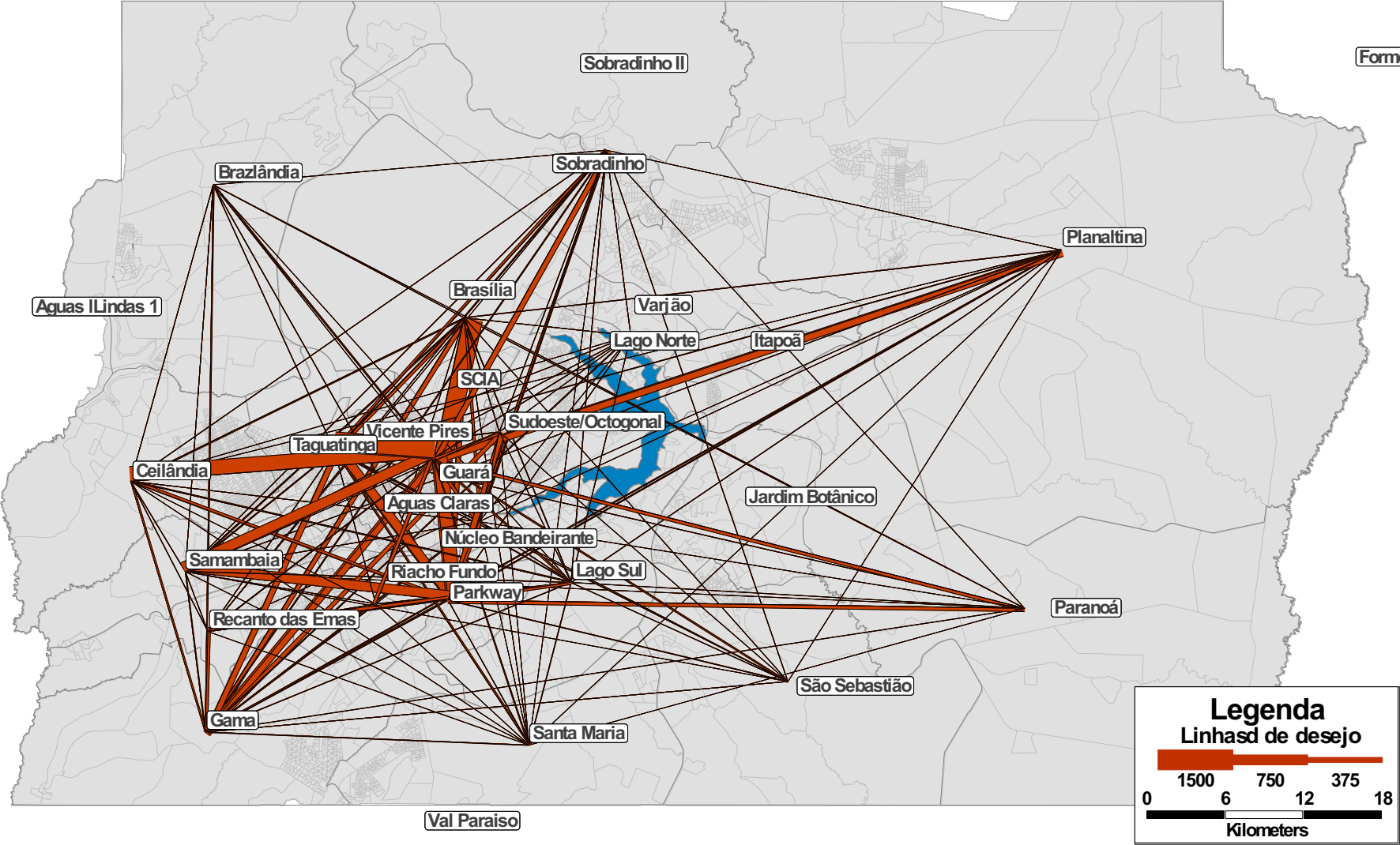


Figura 6-8 Linhas de desejo, sábado

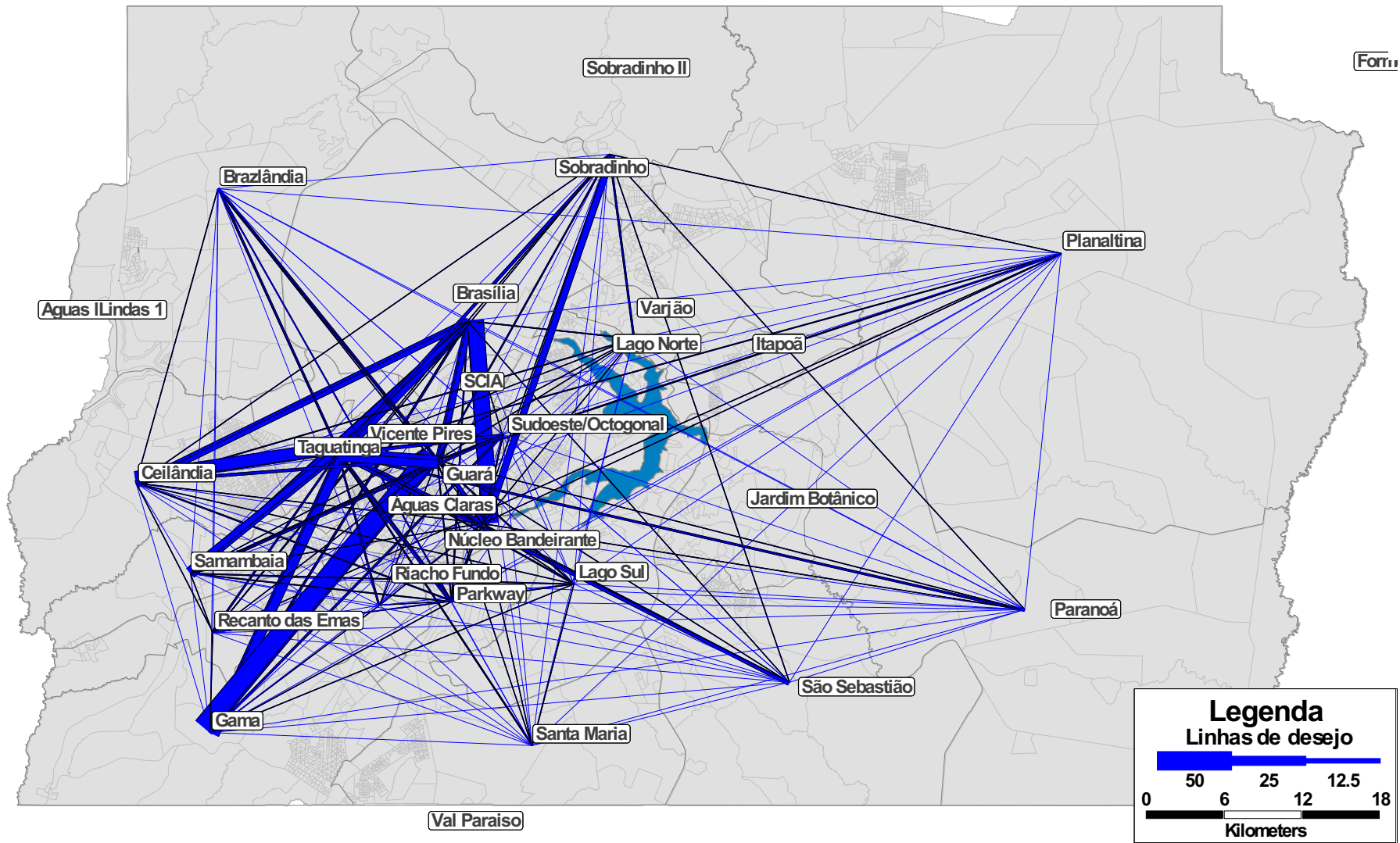


Figura 6-9 Linhas de desejo, domingo

H. Revisão Sistemática da literatura.

1. REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA – RSL

A revisão sistemática da literatura é um processo que consiste na identificação, localização, seleção, análise e interpretação dos resultados obtidos de fontes diversas de informação disponíveis. Esta metodologia pode ser aplicada através da sequência de seis passos, conforme proposto por (SONI e KODALI, 2011).

- *Passo 1:* definição do problema de pesquisa claro, objetivo e conciso;
- *Passo 2:* definição da estratégia de pesquisa, mediante a escolha das bases de dados, do período de pesquisa e dos termos de busca;
- *Passo 3:* definição de critérios para inclusão ou exclusão de trabalhos;
- *Passo 4:* seleção dos artigos, conforme a estratégia de pesquisa (Passo 2) e critérios de inclusão e exclusão (Passo 3).
- *Passo 5:* análise dos artigos selecionados, mediante a revisão profunda dos trabalhos selecionados, considerando apenas as obras relacionados ao problema de pesquisa (Passo 1);
- *Passo 6:* apresentação dos resultados - com destaque para as revistas e para os autores que mais contribuem com o tema de pesquisa, apresentando lacunas e pesquisas em futuras oportunidades.

2. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Conforme os seis passos apresentados na sessão anterior, a metodologia de RSL foi aplicada nessa pesquisa. Na Quadro A-6-2 se detalha a aplicação.

Quadro A-6-2: Aplicação da metodologia de RSL

PASSO	DESCRIÇÃO
1. Definição do problema de pesquisa	❏ Problema de pesquisa <i>como aproveitar os dados extraídos de Documentos de Fiscais Eletrônicos (DFe) para a modelização do TUC e, permitir gerar insumos que contribuam com as diretrizes das políticas e do planejamento deste sistema de transporte?</i>
2. Definição da estratégia de pesquisa	Horizonte do tempo - De 1978 - 2017
	Bases de Pesquisa - Ebsco, Google Acadêmico, Science Direct e Scopus
	❏ Identificação de estudos Busca de trabalhos publicados com termos clássicos sobre o tema (no título, palavras chave e resumo), por meio de 3 grupos e 12 combinações de termos de busca:
	Grupo a: publicações relacionadas ao TUC [termos de busca 1. ("freight transport"); e, 2. ("urban freight")]
	Grupo b: publicações relacionadas ao TUC, modelos e, políticas e planejamento [termos de busca 3. ("freight transport" and "models"), 4. ("freight transport" and "transportation"), 5. ("freight transport" and "policy and planning"), 6. ("freight transport" and "models"), 7. ("urban freight" and "transportation") e, 8. ("urban freight" and "policy and planning")]
3. Definição de critérios para inclusão ou exclusão de trabalhos	❏ Critérios de exclusão - Trabalhos que não sejam artigos científicos. - Todos os resultados repetidos. - Trabalhos com acesso restrito.
	❏ Critérios de inclusão - Todos os artigos científicos, livros e revisões que atendem aos grupos b e c.
4. Seleção dos artigos	❏ Critérios de seleção - Artigos relacionados com os modelos do TUC e sua modelagem aplicada na avaliação de política e planejamento, baseado em dados de documentos fiscais eletrônicos.
5. Análise dos artigos selecionados	❏ Elementos para análise - Relação da literatura publicada; evolução das publicações por ano e fonte; evolução das publicações por país, análise de estudos que tratem de modelos, modelagens, políticas e planejamento e documentos fiscais eletrônicos do TUC.
6. Apresentação dos resultados	❏ Resultado Elaboração da RSL da pesquisa

3. RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir referem-se à aplicação da RSL (Tabela A-6-3). As buscas foram realizadas entre 20 de fevereiro a 20 de maio de 2016.

3.1 OS ESTUDOS IDENTIFICADOS

A Tabela A-6-4 detalha a relação dos estudos identificados após o “passo 2” da metodologia de RSL, totalizando 178.950 resultados das bases de dados em que foram efetuadas as buscas: Ebsco, Google Acadêmico, Science Direct e Scopus.

Tabela A-6-3: Aplicação da metodologia de RSL

TERMOS DE BUSCA		BASES DE DADOS				Total	%
		Ebsco	Google Acadêmico	Science Direct	Scopus		
Grupo a	"freight transport"	307	46.700	3.543	6.869	57.419	36,4
	"urban freight"	58	6.100	576	1.050	7.784	
Grupo b	"urban freight" and "models"	13	3.550	531	737	4.831	48,3
	"freight transport" and "transportation"	258	37.700	2.722	5.753	46.433	
	"freight transport" and "policy and planning"	3	1.210	105	165	1.483	
	"freight transport" and "models"	53	23.900	2.898	4.384	31.235	
	"urban freight" and "transportation"	55	5.174	532	972	6.733	
	"urban freight" and "policy and planning"	1	437	47	124	609	
Grupo c	"freight transport" and "modelling"	25	12.900	2.898	3.106	18.929	12,5
	"urban freight" and "modelling"	5	2.280	531	655	3.471	
	"freight transport" and "consignment bills"	-	7	1	1	9	
	"urban freight" and "consignment bills"	-	4	-	-	4	
Total geral		778	139.962	14.384	23.816	178.940	100

O 48,3% de resultados obtidos no grupo b, refere-se às aplicações de modelos do TUC, junto com políticas e planejamento deste sistema de transporte. Por outro lado, os resultados relacionados com a modelagem do TUC são de 12,5% e, a atenção dada especialmente à modelagem baseada em documentos fiscais eletrônicos é incipiente.

Outra questão importante é a pouca ou inexistente informação relacionada especificamente com o entendimento baseado em documentos fiscais eletrônicos. Los artigos relacionados simplesmente mencionam o potencial que poderia ter o acesso a esses documentos.

3.2 OS ESTUDOS SELECIONADOS

Baseado nos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados os estudos que atendessem ao problema da pesquisa. Resultando na eliminação de 99,9% dos estudos identificados. Foram selecionados 107 artigos. A Tabela A-6-4 apresenta a relação dos artigos por período e origem da publicação.

Os 107 artigos selecionados pertencem a 62 periódicos diferentes. Os temas tratados nos periódicos selecionados têm sido abordados em diferentes disciplinas do conhecimento, principalmente nas áreas da engenharia, transportes, computação, economia, geografia e logística. Outro aspecto importante é o crescente aumento das produções científicas, principalmente a partir do ano 2001.

A Figura A-6-10 apresenta os principais países que têm publicado trabalhos relacionados com o tema de pesquisa, sendo a Itália, os Estados Unidos, o Reino Unido e a França os países com o maior número de produções.

Assim mesmo, com os artigos selecionados constatou-se os autores de maior relevância para o estudo, quais sejam: *Ogden, K. W.; Holguín-Veras, Jose; Comi, Antonio, Muñuzuri, Jesus; Taniguchi, E.; Gonzales-Felliu, J.; e, Tavasszy, L.*

Tabela A-6-4: Relação artigos publicados por período e origem da publicação

PERIÓDICO	9*	10	11	12	13	14	15	16	T	%
Transport Review	2		1	2	1		3		9	8
Transportation Research Part E	4						1	1	6	6
Transportation Research Part B	4		1				1		6	6
Transportation Research Part A	1						3	1	5	5
Case Studies on Transport Policy								3	3	3
European Transport	1			1	1				3	3
TransportPolicy						1	1		2	2
Research in Transportation Business & Management						2			2	2
Journal of Transport Geography	1			1					2	2
Journal of Urban Planning and Development	1			1					2	2
Transportation Research Part C	1		1						2	2
Transport Policy							1		1	1
Franco Angeli						1			1	1
Expert System With Applications							1		1	1
Imperial College London	1								1	1
European Journal of Operational Research	1								1	1
Journal of the Transportation Research Board					1				1	1
Civil engineering working paper	1								1	1
Committee on Urban Goods Movement	1								1	1
Transport Research Arena				1					1	1
Journal Of Transportation Systems Engineering And Information Technology				1					1	1
Transportation Journal	1								1	1
Computers & Industrial Engineering		1							1	1
Urban Transport	1								1	1
Journal Transportation		1							1	1
Periodica Polytechnica Ser. Transport and Engineer	1								1	1
CONGRESSO	9*	10	11	12	13	14	15	16	T	%
The 9th International Conference on City Logistics, Tenerife							2	4	6	6
The Seventh International Conference on City Logistics				4					4	4
The Sixth International Conference on City Logistics		2							2	2
ETC 2010: European Transport Conference	1	1							2	2
Congresso Nacional de Pesquisa em Transportes - ANPET						1	1		2	2
16th Meeting of the EURO Working Group on Transportation						2			2	2
The Sixth International Conference on City Logistics		2							2	2
8th International Conference on City Logistics		1				1			2	2
6th Transport Research Arena								1	1	1
European Journal of Transport and Infrastructure Research								1	1	1
The 2nd International Workshop on ABMTRANS					1				1	1
First International Symposium on City Logistics	1								1	1
The 5th International Workshop on ABMTRANS								1	1	1
The Seventh International Conference on City Logistics				1					1	1
Outrs **	14	0	2	1	1	1	2	1	22	21
Total Geral	38	18	16	25	18	23	31	29	107	100

* DE 1981 A 2005. **Revistas com 1 publicação (Center for Infrastructure, Transportation, and the Environment (CITE) , European Planning Studies, World Conference on Transport Research, Transactions on Ecology and the Environment , Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, Transport Problems: an International Scientific Journal, Proceedings of an International Seminar on Freight Transport Planning and Logistics , Transport Research Board, Proceedings of the 2nd Interdisciplinary Conference on Production, Logistics and Traffic , Transportation, Research and innovative technology administration, Transportation Planning and

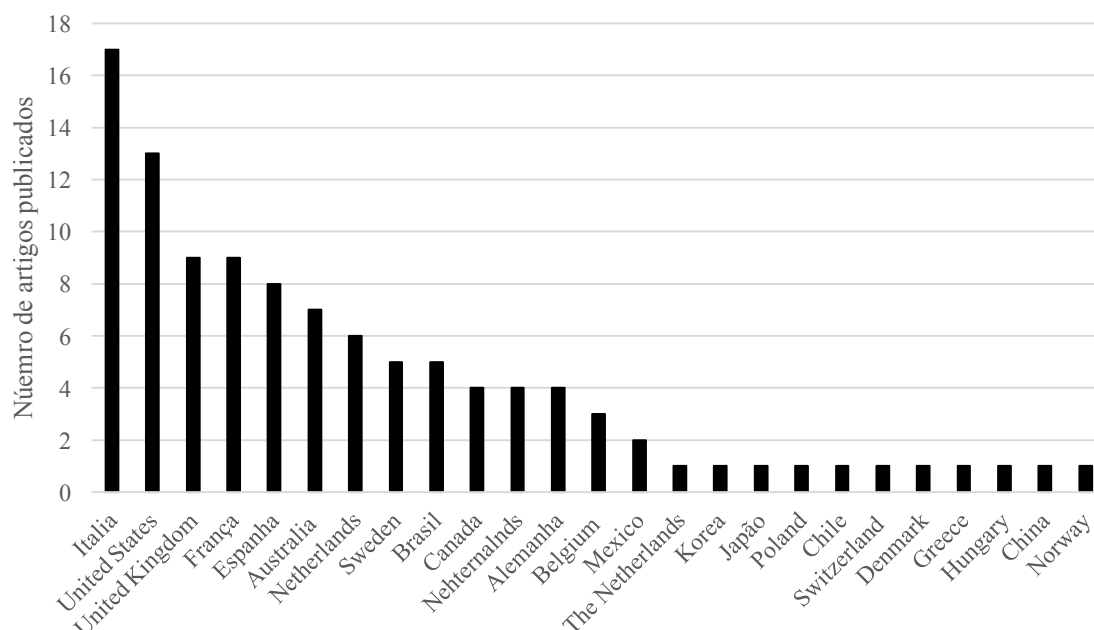


Figura A-6-10: Relação geográfica das publicações seleccionadas

Outro aspecto observado é a evolução da produção de material científico que está se vivenciando, apresentando-se uma tendência crescente nos últimos quinze anos, em temas relativos ao tema desta pesquisa. Conforme ilustrado na Figura A-6-11.

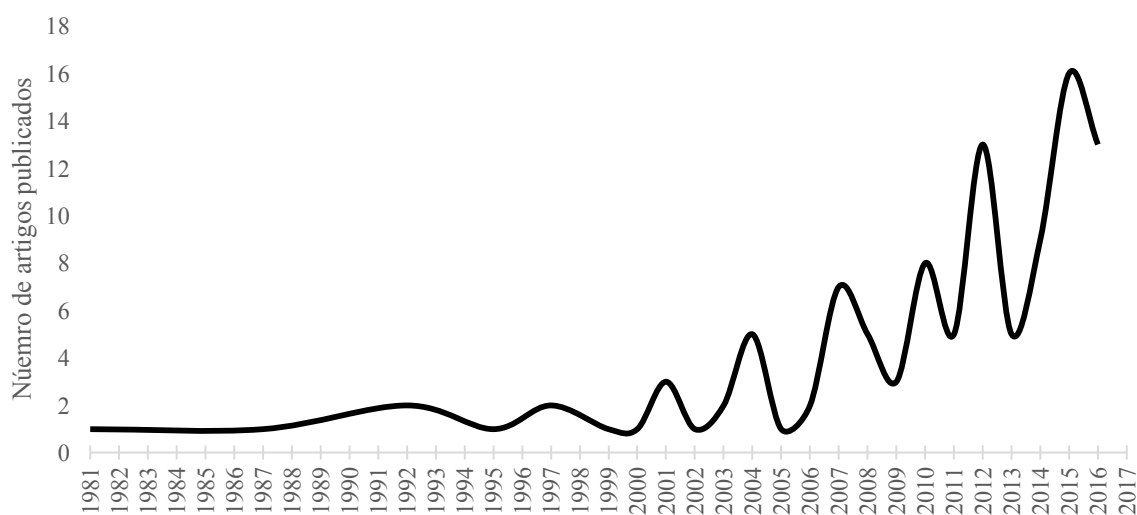


Figura A-6-11: Relação temporal das publicações seleccionadas

Os resultados obtidos nesta primeira fase fazem parte dos insumos básicos para o desenvolvimento da pesquisa. Outros trabalhos poderão ser incorporados ao longo do desenvolvimento da pesquisa.