UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

LUIZA GAGNO AZOLIN

**O transporte público em uma estratégia de avaliação da resiliência na
mobilidade urbana**

São Carlos

2020

LUIZA GAGNO AZOLIN

**O transporte público em uma estratégia de avaliação da resiliência na
mobilidade urbana**

Programa de Pós-graduação em
Engenharia de Transportes da EESC-USP

**Exemplar definitivo (corrigido). O exemplar
original está disponível na CPG da EESC-USP**

São Carlos, 19/04/2020

RESOLUÇÃO CoPGr N.º 6018, DE 13 DE OUTUBRO DE 2011, artigo 5º

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, como parte dos requisitos para a
obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Titular Antônio Nélon
Rodrigues da Silva

São Carlos

2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

A996o	<p>Azolin, Luiza Gagno</p> <p>O transporte público em uma estratégia de avaliação da resiliência na mobilidade urbana / Luiza Gagno Azolin; orientador Antônio Néelson Rodrigues da Silva. São Carlos, 2020.</p> <p>Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Planejamento e Operação de Sistemas de Transporte -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2020.</p> <p>1. Resiliência. 2. Mobilidade urbana. 3. Transporte público. 4. Modos ativos. I. Título.</p>
-------	---

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: **LUIZA GAGNO AZOLIN**

Título da dissertação: " O transporte público em uma estratégia de avaliação da resiliência na mobilidade urbana"

Data da defesa: 19/02/2020

Comissão Julgadora

Resultado

Prof. Titular **Antonio Nelson Rodrigues da Silva**
(Orientador)

(Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP)

APROVADA

Prof. Dr. **Nuno Eduardo Norte Pinto**

(The University of Manchester – Inglaterra)

APROVADA

Prof. Dr. **Paulo Jorge Gomes Ribeiro**

(Universidade do Minho – UMinho/Portugal)

APROVADA

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes:

Profª. Associada **Ana Paula Camargo Larocca**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Titular **Murilo Araujo Romero**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre iluminar meus caminhos e por me cercar das pessoas sem as quais eu não chegaria até aqui.

Agradeço aos meus pais, Zenith e Daniel, pelo apoio e dedicação. Ao meu irmão, pelo amor e companheirismo. Aos meus familiares: a torcida e o carinho de cada um, mesmo distantes, foram fundamentais.

Àquele que acredita mais em mim do que eu mesma. Guilherme, obrigada por compartilhar comigo esse sonho e por me apoiar sob qualquer circunstância.

Agradeço ao professor Antônio Néelson, pela confiança, por aceitar me orientar nessa jornada e pelo exemplo de educador que é.

Aos meus amigos e colegas do STT, agradeço pela companhia, pelas conversas, pelo cafezinho de todo dia e, em algumas situações, pela paciência. Foram vocês que fizeram possível a conclusão desses dois anos em São Carlos.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos que contribuiu para que eu pudesse me dedicar integralmente ao programa de pós-graduação.

Agradeço a todos que contribuíram para a realização dessa pesquisa e que me apoiaram, possibilitando a conclusão de mais uma etapa importante da minha vida.

RESUMO

AZOLIN, L. G. **O transporte público em uma estratégia de avaliação da resiliência na mobilidade urbana.** 2020. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

O objetivo deste estudo é inserir o transporte público em uma estratégia para avaliação da resiliência na mobilidade urbana, diante de uma eventual restrição na oferta de combustível, em uma situação em que estivessem disponíveis apenas os modos ativos e o transporte público. A partir de dados de uma Pesquisa Origem e Destino e dos itinerários do sistema de transporte público de uma região, propõe-se que sejam elaborados cenários com diferentes Distâncias Máximas Possíveis (DMPs) para os modos a pé e bicicleta e com variadas condições de funcionamento do transporte público. Então, em cada cenário, as viagens *necessárias* e *essenciais* são classificadas em *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* ou *transformáveis*, sendo as três primeiras categorias apontadas como resilientes. O nível de resiliência na mobilidade urbana é determinado pela proporção de viagens resilientes em relação do total. Assim, é possível analisar a influência da inserção do transporte público na resiliência em diferentes circunstâncias e identificar as rotas que devem ser priorizadas em uma situação de crise. Além disso, um código-fonte em linguagem *Python* foi elaborado para ser utilizado como ferramenta na aplicação dessa estratégia. Os resultados obtidos com a realização de dois estudos de caso, um na cidade de São Carlos-SP e outro na Região Metropolitana de Maceió (RMM)-AL, comprovam a importância da inserção do transporte público neste tipo de análise. Considerando apenas uma linha de transporte público em operação, no cenário mais pessimista, obteve-se um ganho de resiliência de 21,4% e 17,0% nas regiões estudadas, respectivamente. As análises da distribuição espacial das viagens e da relação entre as categorias de viagens e a renda associada ao viajante apresentaram grande potencial para identificação de padrões e vulnerabilidades, o que mostra que a abordagem proposta pode ser utilizada como um instrumento no planejamento da mobilidade urbana.

Palavras-chave: Resiliência. Mobilidade urbana. Transporte público. Modos ativos.

ABSTRACT

AZOLIN, L. G. **The public transport in a strategy for the evaluation of urban mobility resilience**. 2020. Thesis (Master) - São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, São Carlos, 2020.

This study aims at introducing urban public transportation in a strategy for the evaluation of resilience in urban mobility in the case of an eventual fuel supply shortage, in which only active modes and public transport would be available. Scenarios with different Maximum Possible Distances (DMPs) for walking and cycling modes and with distinct conditions of public transport operation are proposed, based on data from an origin-destination survey and the itineraries of public transport system. In each scenario, the necessary and essential trips are classified into *persistent*, *exceptional*, *adaptable* or *transformable*, with the first three categories being identified as resilient. The level of urban mobility resilience is determined by the ratio of resilient trips to the total. Thus, it is possible to analyze the influence of public transport insertion on resilience under different circumstances and identify the routes that should be prioritized in a crisis situation. In addition, a Python language source code was elaborated to be used as a tool in the application of this strategy. The results obtained from two case studies, one in the city of São Carlos-SP and another in the Metropolitan Region of Maceió (RMM)-AL, showed the importance of the inclusion of public transport in this type of analysis. Considering only one public transport line in operation, in the most pessimistic scenario, a resilience gain of 21.4% and 17.0% was achieved in the regions studied, respectively. Analysis of the spatial distribution of trips and the relationship between trips categories and traveler's incomes showed great potential for identifying patterns and vulnerabilities, which implies that the proposed approach can be used as an instrument in urban mobility planning.

Keywords: Resilience. Urban Mobility. Public Transport. Active Modes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resiliência inerente e resiliência adaptativa	31
Figura 2 - Representação da aplicação da análise da resiliência nos sistemas de mobilidade urbana.....	33
Figura 3 - Identificação das zonas percorridas por uma linha de transporte público em um exemplo hipotético.....	41
Figura 4 - Conjunto de procedimentos e ferramentas que compõem a metodologia, associados aos itens do capítulo Resultados	49
Figura 5 - Distribuição da densidade populacional em São Carlos-SP	51
Figura 6 - Distribuição da densidade populacional na Região Metropolitana de Maceió-AL	52
Figura 7 - Zonas de tráfego da cidade de São Carlos-SP.....	53
Figura 8 - Zonas de tráfego consideradas para a Região Metropolitana de Maceió (RMM)-AL	54
Figura 9 - Regiões atendidas pelo sistema de transporte público em São Carlos-SP no período da Pesquisa OD (2007/2008).....	55
Figura 10 - Regiões atendidas pelo sistema de transporte público na Região Metropolitana de Maceió (RMM)-AL	56
Figura 11 - Proporção de viagens por modo e intervalos de distância em São Carlos-SP	58
Figura 12 - Proporção de viagens por modo e intervalos de distância na Região Metropolitana de Maceió (RMM)-AL.....	60
Figura 13 - Trajeto linha de ônibus 0201, da Região Metropolitana de Maceió.....	64
Figura 14 - Trajeto linha de ônibus 1111, da cidade de São Carlos	65
Figura 15 - Variação da resiliência na mobilidade para diferentes valores de Distâncias Máximas Possíveis (DMP) para bicicleta e para diferentes cenários de funcionamento de transporte público em estudo de caso realizado em São Carlos - SP	67
Figura 16 - Variação da resiliência na mobilidade para diferentes valores de Distâncias Máximas Possíveis (DMP) para bicicleta e para diferentes cenários de funcionamento de transporte público em estudo de caso realizado na Região Metropolitana de Maceió (RMM)-AL	68
Figura 17 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, em São Carlos	71
Figura 18 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, em São Carlos	72
Figura 19 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 4, em São Carlos.....	72

Figura 20 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 3,5 km e CP 1, em São Carlos	73
Figura 21 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, na Região Metropolitana de Maceió	73
Figura 22 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, na Região Metropolitana de Maceió	74
Figura 23 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 7, na Região Metropolitana de Maceió	74
Figura 24 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 2,0 km e CP 1, na Região Metropolitana de Maceió	75
Figura 25 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 5,5 km e CP 1, na Região Metropolitana de Maceió	75
Figura 26 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 7,5 km e CP 1, na Região Metropolitana de Maceió	76
Figura 27 - Relação entre a renda mensal individual em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, em São Carlos ...	77
Figura 28 - Relação entre a renda mensal individual em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, em São Carlos ...	77
Figura 29 - Relação entre a renda mensal individual em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 4, em São Carlos ...	78
Figura 30 - Relação entre a renda mensal individual em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 3,5 km e CP 1, em São Carlos ...	78
Figura 31 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, na RMM.....	79
Figura 32 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, na RMM.....	79
Figura 33 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 7, na RMM.....	80
Figura 34 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 2,0 km e CP 1, na RMM.....	80
Figura 35 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 5,5 km e CP 1, na RMM.....	81
Figura 36 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 7,5 km e CP 1, na RMM.....	81
Figura 37 - Proporção de viagens persistentes, excepcionais, adaptáveis e transformáveis para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, em São Carlos ..	83

Figura 38 - Proporção de viagens persistentes, excepcionais, adaptáveis e transformáveis para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, em São Carlos .. 83

Figura 39 - Proporção de viagens persistentes, excepcionais, adaptáveis e transformáveis para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 4, em São Carlos .. 84

Figura 40 - Proporção de viagens persistentes, excepcionais, adaptáveis e transformáveis para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 3,5 km e CP 1, em São Carlos .. 84

Figura 41 - Proporção de viagens persistentes, excepcionais, adaptáveis e transformáveis para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, na RMM..... 85

Figura 42 - Proporção de viagens persistentes, excepcionais, adaptáveis e transformáveis para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, na RMM..... 85

Figura 43 - Proporção de viagens persistentes, excepcionais, adaptáveis e transformáveis para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 7, na RMM..... 86

Figura 44 - Proporção de viagens persistentes, excepcionais, adaptáveis e transformáveis para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 2,0 km e CP 1, na RMM..... 86

Figura 45 - Proporção de viagens persistentes, excepcionais, adaptáveis e transformáveis para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 5,5 km e CP 1, na RMM..... 87

Figura 46 - Proporção de viagens persistentes, excepcionais, adaptáveis e transformáveis para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 7,5 km e CP 1, na RMM..... 87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Itinerários das linhas de transporte público (zonas) - Exemplo hipotético.....	41
Tabela 2 - Matriz de Trechos Atendidos (MTA) das Linhas (1/2/3) - Exemplo hipotético....	41
Tabela 3 - Exemplo hipotético de determinação da prioridade das linhas (considerando que os dados de OD utilizados contemplam apenas as 5 possibilidades apresentadas abaixo)	43
Tabela 4 - Composição do cenário resultante (C) a partir dos cenários de modos ativos (CA) e de transporte público (CP).....	44
Tabela 5 - Dados de entrada e saída do programa elaborado em Python.....	46
Tabela 6 - Descrição das etapas da metodologia proposta e os respectivos itens em que são abordadas nos capítulos de Metodologia e de Resultados	48
Tabela 7 - Cenários para modos ativos (CA) avaliados e os respectivos valores de Distância Máxima Possível (DMP) a pé e para bicicleta	62
Tabela 8 - Dez primeiras linhas de transporte público na ordem de prioridade definida pela demanda potencial (DP), para São Carlos e para a Região Metropolitana de Maceió (RMM).....	63
Tabela 9 - Número de zonas de tráfego em cada nível de resiliência, no caso de São Carlos, para os cenários: CP 0, CP 1 e CP 4, com DMP para bicicleta de 1,5 km; e CP 1 para DMP de bicicleta de 3,5 km	70
Tabela 10 - Número de zonas de tráfego em cada nível de resiliência, no caso da RMM, para os cenários: CP 0, CP 1 e CP 7, com DMP para bicicleta de 1.5 km; e DMPs para bicicleta de 2,0 km, 5,5 km e 7,5 km, com CP 1.....	71

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BRT	<i>Bus Rapid Transit</i> (Transporte Rápido por Ônibus)
C	Cenário resultante
CA	Cenário de modo ativo
CP	Cenário de funcionamento de transporte público
DMP	Distância Máxima Possível
DMPs	Distâncias Máximas Possíveis
DP	Demanda Potencial
MTA	Matriz de Trechos Atendidos
OD	Origem e Destino
RMM	Região Metropolitana de Maceió
SETRAND-AL	Secretaria de Transporte e Desenvolvimento de Alagoas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
VLT	Veículo Leve sobre Trilhos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	21
1.1. Caracterização do problema	21
1.2. Objetivos	22
1.3. Justificativa.....	23
1.4. Estrutura do trabalho.....	24
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1. A dependência aos modos motorizados	25
2.2. Sistema de transporte sustentável	27
2.3. Resiliência na mobilidade urbana.....	29
2.3.1 Resiliência: Conceitos e propriedades.....	29
2.3.2 Aplicação do conceito na análise de sistemas de transporte.....	33
3. METODOLOGIA	39
3.1. Determinação das distâncias entre os centroides das zonas.....	39
3.2. Distâncias máximas possíveis (DMPs) e composição dos cenários para os modos ativos	39
3.3. Trechos atendidos e composição dos cenários para o transporte público.....	40
3.3.1 Trechos atendidos.....	40
3.3.2 Cenários de funcionamento do transporte público.....	42
3.4. Cenários resultantes e classificação das viagens	44
3.5. Algoritmo em <i>Python</i>	45
3.6. Análise por zona e distribuição espacial das viagens	46
3.7. Classificação das viagens e características socioeconômicas	47
4. RESULTADOS	50
4.1. Estudos de caso.....	50
4.1.1 Zonas de tráfego e viagens	52
4.1.2 Transporte público.....	54
4.2. Distribuição das viagens e distâncias entre zonas	57
4.2.1 São Carlos.....	57
4.2.2 Região Metropolitana de Maceió	59
4.3. Distâncias máximas possíveis e cenários para modos ativos	61

4.4.	Trechos atendidos e cenários para o transporte público	62
4.5.	Cenários resultantes, classificação das viagens e nível de resiliência	65
4.6.	Distribuição espacial das viagens	69
4.7.	Relação entre a classificação da viagem e a renda	76
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	89
5.1.	A estratégia de avaliação da resiliência na mobilidade urbana com a inserção do transporte público	89
5.2.	Análises dos resultados obtidos nos estudos de caso	90
5.3.	Limitações e sugestões para trabalhos futuros	91
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
	APÊNDICE A.....	99
	APÊNDICE B.....	107
	APÊNDICE C.....	122
	APÊNDICE D.....	136

1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo é apresentada a caracterização do problema estudado, são discutidas a dependência dos combustíveis fósseis, o prognóstico de crise energética e a necessidade de se realizar um planejamento sustentável no setor de transportes. Também são expostos os objetivos deste trabalho, a justificativa para sua realização e como este foi estruturado.

1.1. Caracterização do problema

O desenvolvimento das cidades e o grande investimento na infraestrutura rodoviária resultaram em uma crescente incompatibilidade entre o sistema de transporte coletivo e a distribuição espacial da estrutura econômica, levando a uma dependência no uso do carro (WIERSMA; BERTOLINI; STRAATEMEIER, 2017). Como consequência, a sociedade, cada vez mais dependente do automóvel, está aumentando sua vulnerabilidade a mudanças nas esferas social, econômica e ambiental (JEEKEL, 2013).

Uma evidência do impacto que a alta motorização pode causar foi a crise enfrentada pelos brasileiros em maio de 2018, quando caminhoneiros iniciaram uma greve devido à alta do valor do diesel. Estradas foram bloqueadas, o transporte de produtos em geral e de combustível foi paralisado, o que provocou um enorme desabastecimento e instaurou uma verdadeira calamidade no país (DA SILVA et al., 2019).

Enquanto muito se fala da ascensão de fontes de energia alternativas, a maior parte da frota privada de veículos automotores ainda é movida a combustíveis fósseis (MATTIOLI et al., 2019). Entretanto, sendo esse um recurso finito, acredita-se que, em algum momento, sua produção global atingirá um limite máximo, o “pico do petróleo”, a partir do qual seu fornecimento será continuamente reduzido (KRUMDIECK; PAGE; DANTAS, 2010).

Tornar as cidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis são alguns dos Objetivos Globais da Agenda 2030 (UNITED NATIONS, 2015). Na busca por alternativas que contribuam para o crescimento urbano sustentável, é essencial que haja menor dependência dos automóveis e um transporte público eficiente, ou seja, um sistema de transporte sustentável (ZHAO, 2010). Políticas na área de transporte e o correspondente planejamento do uso do solo, com investimentos em infraestrutura para transporte público e modos ativos, visando reduzir o consumo de petróleo, podem oferecer resiliência a longo prazo (LEUNG; BURKE; CUI, 2018).

A resiliência é entendida como a capacidade de um sistema resistir (JIN et al., 2014; LEOBONS; CAMPOS; BANDEIRA, 2019), se adaptar (TA; GOODCHILD; PITERA, 2009; GAITANIDOU; TSAMIB; BEKIARIS, 2017) ou ainda se transformar (SEELIGER; TUROK, 2013; MEHMOOD, 2016), para se recuperar de uma interrupção, absorver suas consequências e manter sua funcionalidade. Estudos nessa área aumentaram rapidamente na última década, tornando sua aplicação um dos principais propósitos das políticas internacionais e das discussões acadêmicas associadas a contingências civis e gerenciamento de crises (COAFFEE et al., 2018).

Considerando uma eventual restrição na oferta de combustível, que limitaria o uso dos modos motorizados de transporte, o conceito de resiliência pode ser utilizado para avaliar as possíveis consequências e auxiliar no planejamento dos sistemas de transporte. Assim, este trabalho pretende responder às seguintes perguntas:

- i. Como inserir o transporte público em uma avaliação da resiliência na mobilidade urbana?
- ii. Quais os diferentes cenários de funcionamento do transporte público para possíveis variações na oferta de combustível?
- iii. Como a inserção do transporte público, em diferentes condições de operação, influenciará no nível de resiliência?
- iv. Como são distribuídas as viagens resilientes e vulneráveis, espacialmente e a partir de características do indivíduo?

1.2. Objetivos

A pesquisa tem por objetivo principal inserir o transporte público em uma estratégia para avaliação da resiliência na mobilidade urbana, considerando a possibilidade da oferta restrita de combustível. Considera-se que, em uma situação de crise, as viagens seriam realizadas a pé, por bicicleta ou utilizando o transporte público.

Como objetivos específicos, pretende-se:

- a) Analisar a literatura existente acerca da resiliência aplicada aos sistemas de transporte e de assuntos correlacionados;
- b) Propor um método para avaliação da resiliência na mobilidade urbana, com a inserção do transporte público, a partir da estratégia proposta por Martins e Rodrigues da Silva (2018, 2019) e utilizada por Martins, Rodrigues da Silva e Pinto (2019);

- c) Elaborar algoritmo para aplicação do procedimento proposto e implementá-lo em um código-fonte;
- d) Utilizar o método em dois estudos de caso;
- e) Por meio da composição de diversos cenários, analisar a influência de diferentes níveis de oferta do transporte público na resiliência;
- f) Avaliar características das viagens e sua relação com a classificação atribuída, considerando as seguintes categorias: *persistentes*, *excepcionais* e *adaptáveis*, para as viagens resilientes; e *transformáveis*, para as viagens vulneráveis.

1.3. Justificativa

As cidades, assim como outros sistemas socioecológicos, estão sujeitas à ação humana e são socialmente desenvolvidas de várias maneiras (SEELIGER; TUROK, 2013). Compreender o funcionamento desses sistemas complexos, diante de situações adversas, pode contribuir para sua manutenção e desenvolvimento. O estudo da resiliência corresponde a um avanço no processo de gerenciamento de riscos, que inclui modelos mais holísticos de complexidade, interdependência e incerteza na caracterização dos sistemas e suas respostas aos estresses externos (LINKOV et al., 2014).

À medida que governos e instituições enfrentam ameaças provenientes de diversas origens, reconhecem que a resiliência pode servir como uma resposta política importante. Por isso, muitas organizações, como as Nações Unidas, a União Europeia, agências e departamentos governamentais, organizações não-governamentais internacionais e grupos comunitários promovem a resiliência (COAFFEE et al., 2018). Assim, elaborar uma estratégia para quantificar a resiliência pode ser uma interessante ferramenta no processo de planejamento dos sistemas de transporte (D'LIMA; MEDDA, 2015), não apenas com o objetivo de consumir menos energia ou emitir menos CO₂, mas também de diminuir a vulnerabilidade da mobilidade urbana diante de uma ameaça fóssil (FERNANDES et al., 2019).

Na literatura estudada em relação à resiliência aplicada nos sistemas de transportes, observou-se a carência de trabalhos que consideram o prognóstico de crise energética e utilizam a escassez de combustíveis fósseis como evento perturbador. Dos estudos que apresentam tal abordagem, são encontradas análises que se restringem a identificar a vulnerabilidade das regiões, que avaliam a resiliência de forma não quantitativa ou que consideram apenas a possibilidade de escassez total de combustível ao tratar dos modos motorizados, sem fazer distinção entre os transportes públicos e privados. Além disso, ainda são poucos os estudos que

avaliam a resiliência inter-relacionando diferentes modos de transporte (LEOBONS; CAMPOS; BANDEIRA, 2019).

1.4. Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em 6 capítulos, sendo o primeiro capítulo esta introdução ao problema abordado. No capítulo 2, são discutidas a necessidade de reduzir a dependência aos modos motorizados através de sistemas de transporte mais sustentáveis e algumas abordagens utilizadas para conceituar e aplicar a resiliência encontradas na literatura. A metodologia proposta para inserir o transporte público na avaliação do nível de resiliência é descrita no capítulo 3. O capítulo 4 expõe os resultados obtidos e as análises realizadas a partir da aplicação do método em dois estudos de caso. As conclusões e sugestões para trabalhos futuros são apresentadas no capítulo 5. Por fim, o sexto capítulo apresenta a lista de referências bibliográficas citadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda, inicialmente, a dependência aos modos motorizados, decorrente do processo de urbanização, e a necessidade de se buscar alternativas mais sustentáveis para o transporte. No item 2.2 é discutida a ideia de sistema de transporte sustentável, levando à motivação para o uso dos modos ativos, a pé e bicicleta, e do transporte público, os quais são priorizados neste estudo. Por fim, a literatura acerca da resiliência é analisada, promovendo uma interpretação para a resiliência na mobilidade urbana e possibilitando identificar as lacunas deixadas pelos estudos realizados.

2.1. A dependência aos modos motorizados

O rápido processo de urbanização tem como umas de suas consequências o aparecimento de novas configurações espaciais (UN-HABITAT, 2016). O crescente uso de veículos motorizados, o desenvolvimento de vias para estes veículos e a falta de planejamento do uso do solo ocasionam o surgimento de áreas mais dispersas e menos densas, fenômeno conhecido como espraiamento urbano.

Na década de 1950, áreas suburbanas começaram a se desenvolver, terras rurais foram urbanizadas e o crescimento da área das cidades se tornou mais rápido do que o crescimento populacional (ZHANG, 2016). A descentralização da população trouxe como consequência o aumento das distâncias entre as residências, indústrias, estabelecimentos comerciais e demais locais de realização de atividades diárias, elevando os custos dos serviços e de infraestrutura, além de aumentar a dependência dos modos motorizados.

Em um outro ponto de vista, Jeekel (2013) interpreta o uso do carro como uma resposta para as necessidades da vida moderna. Ou seja, padrões de atividades cada vez mais complexos, horários apertados e a múltipla realização de tarefas diárias fazem do carro um modo de transporte essencial. Embora não discorde desses fatores, Handy (1993), argumenta que vivemos em um ciclo de dependência. As cidades são projetadas para o automóvel, então, os padrões de acessibilidade dependem deste recurso, o que torna o uso do carro uma necessidade, não uma opção. A grande utilização dos automóveis, por sua vez, aumenta o congestionamento, diminuindo os níveis de acessibilidade. Dessa forma, as condições espaciais influenciadas pelo crescimento do uso do carro tornam a sociedade dependente deste modo (WIERSMA; BERTOLINI; STRAATEMEIER, 2016).

Há uma distinção entre a dependência emocional do automóvel, relacionada aos hábitos ou a falta de informação sobre modos alternativos de transporte, e a dependência real, que corresponde à falta de outra alternativa aceitável em relação ao tempo e ao custo da viagem (JONES, 2011). Assim, ao avaliar os riscos da dependência de carro, a disponibilidade de modos alternativos, a existência da infraestrutura necessária e o incentivo para sua utilização, são fatores a serem analisados.

O planejamento de cidades compactas, com altas densidades residenciais e de emprego, uso misto do solo, disponibilidade de transporte público e o desenvolvimento urbano orientado ao transporte público podem contribuir para a redução do uso dos automóveis (WIERSMA; BERTOLINI; STRAATEMEIER, 2017). Além disso, a partir da interpretação de que o espraiamento urbano e a utilização dos modos motorizados são causa e consequência um do outro, a redução do consumo de combustíveis fósseis contribui para atenuar não só as consequências geradas pela dependência do seu uso, como também as consequências do espraiamento urbano (MARTINS; RODRIGUES DA SILVA, 2018).

A dependência de muitas metrópoles aos meios de transporte motorizados evidencia que qualquer variação no preço do barril de petróleo pode afetar a economia global, impactando vários setores, como o de transportes (FERNANDES et al., 2017). Apesar do desenvolvimento e da crescente inserção dos combustíveis alternativos, o setor de transportes continua dominado pelo uso do petróleo. A previsão é que, em 2040, a demanda por este combustível corresponda a 85% da demanda total dos transportes (BP, 2018). Devido à grande dependência de um suprimento de petróleo acessível e constante, o “pico de petróleo” continua sendo um problema (LEUNG; BURKE; CUI, 2018), além das crises provocadas pela variação do seu preço (LEUNG; BURKE; CUI, 2018; FERNANDES et al., 2019; MATTIOLI et al., 2019).

Na busca por alternativas que reduzam os danos causados pela crescente utilização dos modos motorizados e a consequente dependência dos combustíveis fósseis, maior atenção é dada para o desenvolvimento de veículos. Novas tecnologias vêm sendo empregadas com o propósito de reduzir o consumo de combustível ou a emissão de poluentes. Entretanto, tais avanços podem vir a ser anulados por um aumento do uso de automóveis (ZHAO, 2010).

Em relação ao desenvolvimento dos veículos elétricos, existe a preocupação quanto ao fornecimento dos recursos para bateria (particularmente o lítio) (GROSJEAN et al., 2012). Ademais, seu uso depende de adaptações na infraestrutura local (para o suprimento de energia), além do alto custo inicial para o indivíduo. Para Leung, Burke e Cui (2018), o desenvolvimento

urbano orientado ao transporte público deve ser considerado antes da eletrificação em massa da frota privada. Nesse contexto, a implantação de um sistema de transporte sustentável, baseado no incentivo aos modos ativos, a pé e bicicleta, e ao transporte público, aparece como uma estratégia mais efetiva e duradoura.

2.2. Sistema de transporte sustentável

O crescimento da população em áreas urbanizadas gerou o aumento na demanda por transporte que, por sua vez, provocou o crescimento dos congestionamentos e da poluição, trazendo como consequência a diminuição da qualidade de vida. Assim, mesmo com os benefícios sociais e econômicos que o transporte pode trazer, a devida atenção deve ser dada para seus impactos negativos (BUENK; GROBBELAAR; MEYER, 2019).

Nesse contexto, a ideia de transporte sustentável vem sendo inserida na busca por novas estratégias que proporcionem melhores condições de mobilidade em longo prazo. Banister (2011) entende que uma estratégia de transporte sustentável deve permitir a manutenção ou o aumento da produção de transporte, além de reduzir os insumos energéticos, como o uso de recursos não renováveis.

Pesquisas vêm apoiando os avanços tecnológicos, como a mobilidade compartilhada, sistemas de transporte inteligentes (NELSON; MULLEY, 2013) e as melhorias para reduzir o consumo de energia e as emissões de poluentes, que devem ser consideradas junto ao crescimento previsto da demanda (BANISTER, 2011). Apesar das tentativas tecnologicamente orientadas para melhorar a sustentabilidade dos sistemas de transporte, os problemas como a poluição, a dependência dos automóveis e os impactos econômicos, ambientais e sociais gerados pelo congestionamento do tráfego e pelo esgotamento de recursos naturais não renováveis, persistem na prática (ROSEN, 2001; BUENK; GROBBELAAR; MEYER, 2019).

Existe um amplo consenso de que, para alcançar um transporte urbano mais sustentável, modos ativos de transporte, como a caminhada e a bicicleta, e o transporte público terão que se tornar mais relevantes (GÖSSLING et al., 2016). Dessa forma, visando melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes, cidades e países em todo mundo estão promovendo o uso de alternativas ao automóvel (ROJAS LÓPEZ; WONG, 2019). Mais pessoas estão optando por andar ou pedalar, deixando de lado os modos de transporte motorizados particulares (TIGHT et al., 2011), o que pode contribuir para a redução da poluição, do congestionamento e de outros efeitos negativos da motorização, além de fornecer benefícios sociais e de saúde (BANISTER, 2011). Hong et al. (2019) enfatizam ainda que o transporte público urbano

desempenha um papel significativo no crescimento e no desenvolvimento sustentável das cidades, uma vez que é difícil mudar o ambiente urbano já construído.

A partir da análise de cenários com políticas para reduzir a dependência aos carros na região sul de Limburgo, na Holanda, Wiersma, Bertolini e Straatemeier (2017) observaram que a introdução de conexões diretas e rápidas de transporte público, para os centros econômicos existentes, surtiram efeito. O cenário baseado na melhoria dos serviços ferroviários entre cidades tornou mais empregos acessíveis fora do sistema urbano, enquanto que o cenário com a criação de serviços de transporte rápido por ônibus (BRT, de *Bus Rapid Transit*) intensificou as relações na região. Os autores destacaram ainda que o uso de bicicleta elétrica tem potencial para tornar as pessoas menos dependentes dos automóveis, mostrando, em alguns casos, melhor desempenho que o transporte público, para viagens de até 30 minutos.

Com o intuito de identificar meios de incentivar a utilização de modos alternativos de transporte, pesquisas procuram analisar os possíveis fatores que levam a escolha do carro para realização das viagens, até mesmo para curtas distâncias. Segundo Rojas López e Wong (2019), os indivíduos avaliam as diferentes opções e determinam sua utilidade com base nas limitações e requisitos associados a cada modo. Essas limitações ou requisitos podem ser relativos a fatores psicológicos (percepção, preferências ou valores) e fatores reais, que são influenciados pelo contexto local (fornecimento de infraestrutura, programas para reduzir o uso de certos modos de transporte, entre outros).

De maneira geral, a distância, o tempo e o custo da viagem, limitações do indivíduo (associadas às características físicas ou socioeconômicas), características geográficas da região, o clima e a infraestrutura disponível podem influenciar na escolha do modo. Para Walton e Sunseri (2010), a conveniência fornecida pelo carro é o principal fator que impede a utilização da caminhada, em curtas distâncias, visto que as pessoas escolhem essa opção mesmo que modos de transporte alternativos estejam disponíveis. Por outro lado, apesar das condições espaciais desfavoráveis, em muitas cidades são introduzidas políticas para desencorajar o uso do carro e promover modos de transporte alternativos, como o modo ciclovário e o transporte público. (WIERSMA; BERTOLINI; STRAATEMEIER, 2017).

Assim, diante do crescimento urbano, que torna as cidades cada vez mais vulneráveis (COAFFEE et al., 2018), políticas para implementação de sistemas de transporte mais sustentáveis vêm sendo estudadas. Em relação as redes de transporte público urbano, um dos principais desafios para o gerenciamento adequado é identificar os ajustes apropriados em suas

configurações espaciais para melhorar sua conectividade e robustez face a possíveis interrupções (HONG et al., 2019).

Dessa forma, a necessidade de um sistema de transporte robusto e confiável vem impulsionando muitas pesquisas para compreender as relações que geram sua vulnerabilidade e encontrar maneiras de reduzir as consequências de choques e interrupções, tornando-o mais resiliente (BERDICA, 2002).

2.3. Resiliência na mobilidade urbana

A resiliência é estudada em diversos contextos, a partir de diferentes interpretações e abordagens, como apresentado no primeiro subitem (2.3.1). Na segunda parte desse item (subitem 2.3.2), são apresentadas algumas pesquisas em que os conceitos foram utilizados na análise de sistemas de transporte submetidos a eventos perturbadores, inclusive considerando a crise energética e a análise da mobilidade urbana.

2.3.1 Resiliência: Conceitos e propriedades

A primeira associação do termo resiliência aos sistemas ecológicos foi localizada no estudo de Holling (1973), definida como a capacidade de um sistema para manter seus relacionamentos, absorvendo as mudanças causadas por eventuais distúrbios. Seria, portanto, uma medida de persistência. Pimm (1984) descreveu a resiliência como a velocidade do sistema ao voltar para seu equilíbrio após uma perturbação. Mais tarde foi introduzida uma distinção entre a resiliência segundo a engenharia, que se concentra na estabilidade próxima a um estado estacionário de equilíbrio, e a resiliência ecológica, que admite a presença de múltiplos estados de equilíbrio (HOLLING, 1996; REGGIANI; NIJKAMP; LANZI, 2015).

Sob a dinâmica de sistemas socioecológicos e considerando que a resiliência não está associada apenas à capacidade de um sistema persistir em um domínio de estabilidade, foram inseridos mais dois aspectos: a adaptabilidade e a transformabilidade (WALKER et al., 2004). A adaptabilidade foi entendida como a capacidade de um sistema ajustar suas respostas diante das mudanças, permitindo seu desenvolvimento dentro do domínio de estabilidade existente (FOLKE et al., 2010). Já no caso da transformabilidade, novos domínios de estabilidade devem ser criados (FERNANDES et al., 2017). Dessa forma, quando um sistema é submetido a perturbações externas ou internas, novos estados estáveis podem ser gerados, modificando suas características. Então, segundo Walker et al. (2004), a velocidade de retorno ao equilíbrio não pode ser considerada como parâmetro de medida para resiliência.

Assim, a partir dos conceitos desenvolvidos, Ta, Goodchild e Pitera (2009) consideram que um sistema resiliente absorve as consequências das interrupções para reduzir seus impactos e manter suas funções. Jin et al. (2014) entendem que nesse processo pode ocorrer uma redução aceitável no desempenho. Para que as consequências de uma perturbação sejam reduzidas, o sistema pode ser capaz de se reorganizar (WALKER et al., 2004) ou se transformar/innovar (SEELIGER; TUROK, 2013; MEHMOOD, 2016). Dessa forma, a resiliência é interpretada como a capacidade do sistema de resistir, se adaptar ou ainda se transformar, para se recuperar de uma interrupção, absorver suas consequências e manter sua funcionalidade.

Dentre as propriedades atribuídas a um sistema resiliente, são destacadas: a *redundância*, a *robustez* e a *flexibilidade*. Quando mais de um elemento do sistema desempenha uma mesma função, este é considerado *redundante*. Dessa forma, a interrupção no funcionamento de um elemento não causa sua falha (BRUNEAU et al., 2003; TA; GOODCHILD; PITERA, 2009; CHAN; SCHOFER, 2016). A *robustez* corresponde à capacidade do sistema, ou dos seus elementos, de resistir e absorver perturbações sem sofrer degradação ou perda de função (BRUNEAU et al., 2003; CHAN; SCHOFER, 2016). Um sistema *flexível* permite que seus mecanismos internos se reorganizem diante das circunstâncias, propriedade relacionada com a capacidade de inovação (COX; PRAGER; ROSE, 2011).

São mencionadas ainda a *eficiência* e a *interdependência*, que corresponde à conectividade entre componentes de um sistema (TA; GOODCHILD; PITERA, 2009), e a *rapidez* com que o sistema retorna aos níveis de funcionamento pré-desastre ou níveis aceitáveis (BRUNEAU et al., 2003).

A suscetibilidade do sistema a eventos prejudiciais é frequentemente definida como vulnerabilidade (BERDICA, 2002; SEELIGER; TUROK, 2013; MATTSSON; JENELIUS, 2015). Alguns autores consideram que os conceitos de vulnerabilidade e resiliência estão correlacionados, outros os tratam como opostos. Esse trabalho adere à visão exposta por Rose (2009), em que a vulnerabilidade é considerada como uma condição pré-desastre e a resiliência está relacionada com a resposta do sistema pós-desastre. Mattsson e Jenelius (2015) apresentam em seu trabalho as análises de vulnerabilidade e resiliência como “saber o que esperar” e “saber o que fazer”, respectivamente.

É importante destacar que relacionar os termos “resiliência” e “pós-desastre” não significa avaliar ações implementadas após um desastre. Essa relação corresponde à capacidade

de preparar um sistema para absorver futuros choques, desenvolver estratégias para reduzir falhas e manter sua função após a ocorrência de um desastre. Assim, aumentar a resiliência de um sistema é uma forma de reduzir sua vulnerabilidade a possíveis rupturas.

Segundo Cariolet, Vuillet e Diab (2019), teoricamente a resiliência só pode ser observada e caracterizada após um desastre. A dificuldade em mensurar essa capacidade antes de um evento trouxe o surgimento da distinção entre resiliência inerente e resiliência adaptativa. A primeira está associada ao contexto pré-evento e é considerada como uma resiliência pré-existente, que pode ser mensurada e utilizada no planejamento de melhorias para evitar ou reduzir os possíveis danos (CUTTER, 2016). Já a resiliência adaptativa é interpretada como a capacidade dos indivíduos, partes interessadas ou comunidades de aprender e responder às mudanças provocadas por algum evento de risco e só pode ser obtida após um desastre (Figura 1). Para a análise de resiliência proposta neste estudo, busca-se avaliar a capacidade adaptativa (antes da ocorrência do evento perturbador), a partir da elaboração de cenários, identificando as diferentes reações do sistema diante das possíveis consequências de uma crise.

Figura 1 - Resiliência inerente e resiliência adaptativa

Fonte: Adaptado de Cariolet, Vuillet e Diab (2019).

Na literatura é encontrada, também, a classificação das metodologias utilizadas em abordagens *bottom-up* e *top-down*. As análises realizadas com uma visão *bottom-up* são, geralmente, qualitativas e aplicadas a partir de dados altamente localizados, que podem não estar amplamente disponíveis. Por apresentarem estudos de caso detalhados devido às informações locais utilizadas, costumam ter maior adesão da comunidade, entretanto, são

difíceis de serem utilizadas para comparar diferentes locais, devido a variabilidade nos dados e dos contextos em que resiliência é considerada (CUTTER, 2016). As metodologias classificadas como *top-down* são realizadas com uma visão mais ampla, na análise de regiões, estados ou países. Utilizam os dados disponíveis no desenvolvimento de métodos quantitativos para calcular índices de resiliência e realizar comparações, o que torna essa uma abordagem acessível para examinar a variabilidade espacial, alocar recursos e monitorar o progresso (CARIOLET; VUILLET; DIAB, 2019).

Independente da escala geográfica considerada, sejam bairros, comunidades, cidades, países ou nações, um sistema deve ser considerado como a interconexão de vários sistemas (CUTTER, 2016). Para Schwanen (2016), é importante avaliar as condições ambientais e suas contínuas mudanças. Ou seja, não se deve separar a sociedade do seu ambiente para analisar seu comportamento a choques externos. Assim, de um ponto de vista mais amplo e dinâmico, no estudo da resiliência devem ser consideradas as capacidades desiguais para suportar uma perturbação, através das condições simultâneas de persistência e mudança, de todos os elementos que estão envolvidos no sistema.

Embora as ferramentas para avaliação da resiliência existentes forneçam uma medida ampla, que pode interessar aos formuladores de políticas, elas são atualmente desenvolvidas em um nível de abstração que não leva em conta o contexto (COAFFEE et al., 2018). A maioria das abordagens holísticas avalia a resiliência das comunidades ou territórios urbanos a qualquer tipo de perigo ou perturbação, o que pode levar a um uso inadequado do conceito de resiliência. Assim, nesse tipo de análise, é necessário especificar o sistema e o evento (ou distúrbio) que estão sendo estudados, “*resilience of what to what?*” (CARPENTER et al., 2001).

Diante das diferentes abordagens e conceitos estudados, a Figura 2 apresenta como esta pesquisa interpreta a aplicação da resiliência nos sistemas de mobilidade urbana a partir de um esquema baseado no diagrama de Ribeiro e Pena Jardim Gonçalves (2019). Assim, entende-se que, em condições normais/atuais de funcionamento (antes de um distúrbio), o desempenho dos sistemas de mobilidade pode ser avaliado de forma prática e objetiva. Entretanto, esses sistemas estão sujeitos a perturbações que podem causar impactos e desequilíbrios em seu funcionamento. A análise da resiliência aparece, então, como uma forma de avaliar o desempenho dos sistemas quando afetados por esses eventos. Nessa situação, o sistema pode: resistir aos impactos sem sofrer alterações; se recuperar dos desequilíbrios e retornar ao estado inicial de funcionamento; se adaptar aos efeitos impostos, encontrando novos níveis de equilíbrio; ou se transformar, se modificar, em busca de novos estados de funcionamento para

escapar das consequências impostas. Qualquer que seja a reação, o objetivo é retornar ao bom desempenho, a partir do qual o sistema está suscetível, novamente, às perturbações.

Figura 2 - Representação da aplicação da análise da resiliência nos sistemas de mobilidade urbana

Fonte: Autora. Adaptado de Ribeiro e Pena Jardim Gonçalves (2019).

2.3.2 Aplicação do conceito na análise de sistemas de transporte

Em relação aos sistemas de transporte, a resiliência vem sendo avaliada em abordagens qualitativas e quantitativas, em geral para avaliar a rede de um único modo de transporte diante de eventos prejudiciais, por meio de simulações e de metodologias de otimização (LEOBONS; CAMPOS; BANDEIRA, 2019). Em relação aos eventos perturbadores, são encontrados estudos que consideram, entre outras, interrupções de redes (sem especificar o episódio causador) (BERCHE et al., 2009; JIN et al., 2014; D'LIMA; MEDDA, 2015; MORELLI; CUNHA, 2019), crises econômicas ou energéticas (FERNANDES et al., 2019; MARTINS; RODRIGUES DA SILVA; PINTO, 2019), desastres de origem humana (COX; PRAGER; ROSE, 2011) e, em grande parte, desastres naturais (CHAN; SCHOFER, 2016; BEHESHTIAN et al., 2018). Quanto ao modo de transporte explorado, são encontradas pesquisas que avaliam um único modo (CHAN; SCHOFER, 2016; D'LIMA; MEDDA, 2015) e que analisam a integração entre diferentes modos de transportes, considerando a compensação da demanda

atingida pela utilização de modos alternativos (COX; PRAGER; ROSE, 2011; JIN et al., 2014) ou uma adequação no modo de transporte a ser utilizado (MARTINS; RODRIGUES DA SILVA, 2018, 2019; MARTINS; RODRIGUES DA SILVA; PINTO, 2019).

Chan e Schofer (2016) desenvolveram medidas de resiliência para aplicação do serviço de transporte ferroviário, respondendo a alterações climáticas severas (furacões e nevasca) que atingiram a cidade de Nova Iorque. A variável “quantidade” foi utilizada para medir a resiliência, com base na premissa de que, em caso de interrupção de um sistema de transporte, os usuários priorizam a quantidade ao invés da qualidade. Já D’Lima e Medda (2015) apresentaram uma proposta de quantificar a resiliência considerando, assim como Pimm (1984), que um sistema é mais ou menos resiliente dependendo da velocidade com que retorna para o estado de equilíbrio após um choque, e aplicaram o modelo proposto no sistema de metrô de Londres.

De uma forma mais abrangente, Berche et al. (2009) apresentaram análises do comportamento das redes de transporte público em 14 grandes cidades do mundo, como Londres, Moscou e São Paulo, considerando ataques às redes em diferentes cenários. Os ataques às redes foram representados a partir da retirada de nós, por meio de algoritmos desenvolvidos para este fim. Foi possível identificar estruturas de redes de transporte público que possuem maior vulnerabilidade e redes consideradas resilientes.

Buscando analisar a integração entre diferentes modos de transportes, Cox, Prager e Rose (2011) apresentaram uma proposta de medida de resiliência denominada DSER ("*Direct Static Economic Resilience*"). Ao avaliar a resiliência do sistema de transporte de Londres aos ataques terroristas de julho de 2005, nos sistemas de metrô e ônibus, os autores concluíram que 77,4% das viagens reduzidas (nos modos afetados diretamente no ataque) foram compensadas pela utilização de modos alternativos.

No mesmo contexto, Jin et al. (2014) propõem um aprimoramento da resiliência das redes de metrô a partir da integração com o serviço de transporte por ônibus. Para tal, sugerem a melhora da capacidade complementar do serviço de ônibus e da conectividade entre os dois sistemas. A resiliência é avaliada pela fração da demanda de viagens (antes da interrupção) que pode ser satisfeita pela rede de transporte degradada quando integrada aos serviços de ônibus complementares. O estudo de caso realizado no sistema de transporte público de Cingapura mostra que de fato há uma melhora significativa na resiliência da rede a partir da integração. Os resultados obtidos também contribuem para a preparação das ações de resposta após

interrupções, por parte das operadoras, a partir da demanda de viagens não atendidas apenas com a estratégia proposta.

Recentemente, Hong et al. (2019) analisaram a rede de transporte público na Região Metropolitana de Seul, na Coreia do Sul, utilizando medidas específicas de topologia de rede. A rede de ônibus, a rede de metrô e uma rede integrada de ônibus e metrô foram examinadas com base na teoria dos grafos, com o intuito de identificar a melhor maneira de ajustar as redes para aumentar seu desempenho em termos de acessibilidade e resiliência. Os resultados mostraram que as estruturas espaciais das redes de transporte público urbano unimodal melhoram quando são integradas, devido a interconectividade e a melhoria da acessibilidade. De forma semelhante, mas considerando os transportes motorizados de maneira geral, Morelli e Cunha (2019) apresentam um parâmetro de rede para representar a vulnerabilidade local em redes de transporte das cidades brasileiras. O método proposto pelos autores considerou a degradação sistemática da rede para verificar o decaimento da continuidade do sistema. Esses estudos exibem abordagens interessantes, porém, frente a eventos relacionados ao impedimento direcionado às redes.

Com foco na mobilidade urbana, Leobons, Campos e Bandeira (2019) propõem um conjunto de indicadores para medir a resiliência dos sistemas de transporte. Os indicadores apresentados são: conectividade da rede, capacidade da rota, capacidade do transporte, demanda, tempo/distância de viagem (pós evento), rotas alternativas relativas aos pontos críticos, nível de acessibilidade, modos alternativos, tempo necessário para começar a recuperar, disponibilidade de pessoas e outros recursos necessários para ação e tempo necessário para restaurar a operação em condições normais ou próximas do normal. Segundo as autoras, a partir dos indicadores é possível obter o nível de resiliência para uma região, bem como identificar padrões distintos entre a região e o restante da cidade. Entretanto, além de não apresentar a aplicação da abordagem proposta, esta requer um número elevado de informações para caracterização da região de estudo. Assim, ainda que possibilite uma análise mais detalhada, pode ser de difícil aplicabilidade.

No que concerne ao suprimento de combustível para os transportes, Beheshtian et al. (2018) apresentam um modelo matemático utilizado para avaliar a resiliência do setor energético na cidade de Nova Iorque. No estudo foi analisada, para 8 cenários de inundações futuras, a vulnerabilidade dos elementos responsáveis pela produção de combustível afetados e o transporte, considerando as possíveis interrupções em estradas. Os autores consideraram a variação da demanda, assumindo o comportamento do consumidor pré, durante e pós-evento, a

partir da suposição de que os viajantes deixariam de fazer viagens desnecessárias diante da escassez. Os resultados revelaram que as severas mudanças climáticas tiveram grande impacto do suprimento de combustíveis. No cenário em que foram considerados eventos de baixa intensidade, o distrito de Manhattan ficaria sem combustível em menos de quatro dias.

Em uma avaliação da mobilidade urbana considerando o prognóstico de crise energética, Krumdieck, Page e Dantas (2010) sugeriram uma análise de risco tendo em vista a adequação do modo de transporte (priorizando os modos ativos) e classificaram as viagens segundo sua essencialidade, porém sem abordar o termo resiliência. As viagens foram classificadas em três níveis, segundo sua essencialidade: *opcionais*, passíveis de eliminação sem causar perda de bem-estar; *necessárias*, aquelas que causariam perdas econômicas e sociais; e *essenciais*, que correspondem ao nível de viagens mais difíceis de eliminar, pois sua perda traria danos à saúde, à obtenção de renda e necessidades básicas.

O método proposto foi aplicado na região de Christchurch, Nova Zelândia, considerando quatro diferentes cenários de padrões de crescimento para 2041, que foram analisados em quatro diferentes níveis de redução de demanda de energia. Os autores concluíram que pessoas que vivem em regiões de baixa densidade, com poucos destinos de trabalho ou reduzido acesso aos modos de transporte público, bicicleta ou a pé, estão em situação de maior risco. Este estudo evidencia a importância da capacidade de adaptação dos modos de transporte, quando sujeitos a uma perturbação, tendo em vista a redução dos impactos.

Realizando outro estudo de caso na mesma região, Rendall, Page e Krumdieck (2014) desenvolveram um método para avaliar a vulnerabilidade do petróleo nas cidades (VOILA). O método proposto considera a adaptabilidade do viajante para modos com menor gasto energético ou seleção de destino que necessite menor deslocamento. A análise se baseia no valor mínimo de consumo energético que é estimado para a realização das viagens necessárias e o modo a ser utilizado para cada destino é determinado a partir de uma hierarquia de menor consumo energético. Dessa forma, é verificado o grau de adaptabilidade de cada viagem. A relação entre custo do transporte e renda do usuário é utilizada para verificar o grau de manutenção das viagens. Por fim, os autores associam as duas variáveis, adaptabilidade e manutenção, para determinar a vulnerabilidade da área. Embora o trabalho esteja restrito a uma análise da vulnerabilidade, a abordagem utilizada, com prioridade ao modo de transporte com menor gasto energético e considerando possíveis adaptações, exibe uma estratégia interessante e aplicável ao estudo da resiliência da mobilidade urbana.

Usando os conceitos de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa à vulnerabilidade ao petróleo, Leung, Burke e Cui (2018) analisam as cidades de Brisbane, na Austrália, e Hong Kong, na China, destacando a necessidade de se viabilizar modos de transporte acessíveis e eficientes em termos energéticos. De forma semelhante, Mattioli et al. (2019) estudaram a vulnerabilidade nas regiões da Inglaterra diante do aumento do preço do combustível. Segundo os autores, nos países com alta motorização a acessibilidade do transporte está fortemente ligada ao preço dos combustíveis derivados de petróleo. Ainda que as análises também estejam restritas à vulnerabilidade, esses estudos apresentam graficamente a distribuição espacial dos impactos negativos dos aumentos nos preços dos combustíveis, o que possibilita identificar diferentes sensibilidades nas regiões.

A partir da visão socioecológica para resiliência de Folke et al. (2010), Fernandes et al. (2017) incorporaram as três etapas (*persistência*, *adaptabilidade* e *transformabilidade*) e propuseram um conceito para resiliência da mobilidade urbana. A *persistência* está relacionada à continuidade do padrão da mobilidade, sem afetar a qualidade de vida. A *adaptabilidade* corresponde à capacidade de se alterar os padrões de mobilidade, sem comprometer a qualidade de vida. Já na *transformabilidade* as alterações causam impactos econômicos e sociais, pois não é possível persistir ou se adaptar. Neste último caso é necessário analisar a transformação do sistema para que sejam criadas novas condições de persistência e adaptabilidade, diante de futuras ameaças. Os autores analisam a mobilidade tendo em vista o aumento do valor do combustível ou a redução na disponibilidade deste recurso energético.

Recentemente, Fernandes et al. (2019) propuseram uma avaliação da resiliência na mobilidade urbana diante das ameaças de combustíveis fósseis em âmbito social e geográfico. Os autores avaliaram o efeito do aumento de preço do transporte público e privado à base de petróleo em um estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro, onde foi constatado que mais de 50% dos distritos apresentam um baixo-médio ou baixo nível de resiliência da mobilidade urbana. Na metodologia proposta são utilizados dados referentes ao preço para o uso de cada modo de transporte (e sua variação com a distância percorrida), aos padrões salariais em cada distrito ou bairro da cidade, aos gastos associados a cada nível de renda e ao número de postos de trabalho existentes em cada região. O nível de resiliência proposto corresponde à ordem de importância das despesas. O nível alto corresponde a situação em que os gastos com transporte afetam apenas as economias, pois considera-se que, se apenas as economias são afetadas, uma pessoa pode manter seus padrões de vida. No nível médio estes gastos afetam as atividades de

lazer e outras. Quando as necessidades básicas, como moradia, alimentação, roupas, educação e saúde, são atingidas, há baixo nível de resiliência.

Embora esta abordagem considere fatores econômicos relacionados ao indivíduo e ao ambiente, pouca atenção é dada aos modos ativos de transporte. O uso de bicicleta, por exemplo, é mencionado como modo de acesso ao transporte público. Além disso, a proposta associa a persistência à manutenção do preço dos sistemas de transporte, a adaptabilidade ao aumento de 100% no preço do transporte público movido a combustível fóssil, e a transformabilidade à avaliação se as regiões receberam ou não algum projeto de transporte elétrico nos últimos 20 anos. O estudo não oferece, então, uma análise que considere a demanda real das viagens, em relação a seus pontos de origem e destino, e a adaptação entre modos de transporte, dando prioridade aos modos ativos.

Nesse contexto, Martins e Rodrigues da Silva (2018, 2019) propuseram uma estratégia para avaliar a resiliência da mobilidade urbana. Viagens necessárias e essenciais foram analisadas diante de cenários com diferentes valores atribuídos a Distâncias Máximas Possíveis (DMPs) associadas aos modos a pé e bicicleta. Os autores propuseram ainda a inserção de mais uma classificação, a excepcionalidade, que incorpora as viagens por modos ativos que possuem distâncias além das máximas admitidas. Utilizando essa estratégia, Martins, Rodrigues da Silva e Pinto (2019) apresentaram dois estudos de caso: um na cidade de São Carlos e outro na Região Metropolitana de Maceió e avaliaram a relação entre os níveis de renda e as distâncias das viagens, demonstrando uma associação entre os níveis de resiliência e a renda dos indivíduos. Consideraram, no entanto, a possibilidade de escassez total de combustível ao tratar dos modos motorizados, sem fazer distinção entre os transportes públicos e privados, justamente a lacuna que se pretende preencher com o presente estudo.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo estão descritas as etapas para implantação de uma estratégia de avaliação da resiliência na mobilidade urbana com a inserção do transporte público. A partir de uma divisão da região analisada em zonas de tráfego, inicialmente devem ser determinadas as distâncias entre os centroides destas zonas e as Distâncias Máximas Possíveis (DMPs) para os modos ativos de transporte, conforme descrito nos itens 3.1 e 3.2, respectivamente. O terceiro tópico apresenta o processo de identificação dos trechos entre zonas de origem e destino atendidos pelo transporte público disponível. O item 3.4 expõe como são classificadas as viagens e como é encontrado o nível de resiliência na mobilidade urbana para diferentes cenários. Detalhes sobre o código-fonte elaborado em *Python* são apresentados no tópico 3.5. Por fim, os itens 3.6 e 3.7 tratam de possíveis análises a serem realizadas ao avaliar a resiliência na mobilidade de uma região.

O procedimento proposto é aplicado a partir de dados obtidos através de uma Pesquisa Origem e Destino (OD), em que são consideradas apenas as viagens *necessárias* e *essenciais*, segundo a classificação realizada por Krumdieck, Page e Dantas (2010) e adotada por Martins, Rodrigues da Silva e Pinto (2019). São utilizados, também, os itinerários das linhas de transporte público da região estudada.

3.1. Determinação das distâncias entre os centroides das zonas

Devem ser medidas as distâncias entre os centroides das zonas de tráfego, através da malha viária (por exemplo, com a utilização de um Sistema de Informação Geográfica - SIG). Assim, considerando como trecho origem-destino o percurso entre uma zona de origem até uma zona destino, são obtidas as distâncias de todos os trechos origem-destino possíveis para as viagens da região a ser estudada. A distância atribuída para viagens intrazonais é igual a zero, por serem viagens de curta distância e que podem ser realizadas por modos ativos de transporte. Viagens entre um mesmo par de zonas, porém em sentidos opostos (da zona A para zona B, ou da zona B para zona A), possuem a mesma distância, conforme adotado por Martins, Rodrigues da Silva e Pinto (2019).

3.2. Distâncias máximas possíveis (DMPs) e composição dos cenários para os modos ativos

Entende-se que há uma limitação da distância máxima possível a ser percorrida com modos ativos de transporte, que é influenciada por características locais e do indivíduo. Ao se determinar as DMPs para os modos a pé e bicicleta, são definidos os valores limites de

distâncias que podem ser percorridas por esses modos no local analisado (MARTINS; RODRIGUES DA SILVA; PINTO, 2019). Assim, diferentes cenários de DMPs podem ser construídos, com a única restrição de que a distância máxima para o modo a pé deve ser sempre menor que para bicicleta, compondo os cenários de modos ativos.

3.3. Trechos atendidos e composição dos cenários para o transporte público

A fim de inserir o transporte público na análise de resiliência devem ser identificadas as zonas de tráfego e os trechos origem-destino atendidos por esse serviço, conforme será descrito no primeiro subitem. Em seguida podem ser elaborados os possíveis cenários de funcionamento desse modo de transporte diante de uma eventual crise.

3.3.1 Trechos atendidos

Primeiramente, devem ser avaliadas as características gerais do sistema de transporte público da região a ser analisada: quais modos de transporte operam nesse sistema, o número de linhas em cada modo e a identificação de linhas com comportamento circular.

Em seguida, devem ser verificadas as zonas de tráfego que são percorridas por cada linha. Se for possível obter os itinerários em formato digital, um SIG pode ser utilizado para identificar as zonas percorridas nos sentidos de ida e volta. Com o intuito de ilustrar o procedimento de forma simplificada, supõe-se uma região composta por 5 zonas de tráfego em que é realizada a identificação das zonas percorridas no sentido de ida e de volta da Linha 1 de transporte público (Figura 3). Cada linha de transporte público da região analisada terá suas particularidades: os trajetos de ida e de volta podem ou não passar pelas mesmas zonas; uma zona pode ou não ser atendida mais de uma vez durante um mesmo trajeto; e a linha pode operar em trajeto circular, não apresentando o sentido de volta.

Identificadas as zonas percorridas por cada linha, assim como a ordem do trajeto, é possível constituir o itinerário utilizando as zonas de tráfego, como é apresentado na Tabela 1, que considera a existência de três linhas de transporte para compor um exemplo. Então, é elaborada a Matriz de Trechos Atendidos (MTA) para cada linha. No exemplo de MTA da Linha 1 (a mesma da Figura 3) exibido na Tabela 2, os números 1 e 0 mostram se o trecho entre zonas é ou não atendido pela linha, respectivamente. É importante observar que sempre que uma zona é percorrida após a outra, havendo ou não zonas intermediárias nesse percurso, o trecho origem-destino é considerado como atendido. Além disso, viagens intrazonais não são

relevantes nesse processo, visto que, por possuírem distância igual a zero, no cenário mais pessimista já são consideradas como possíveis de serem feitas por modos ativos.

Figura 3 - Identificação das zonas percorridas por uma linha de transporte público em um exemplo hipotético

Fonte: Autora.

Tabela 1 - Itinerários das linhas de transporte público (zonas) - Exemplo hipotético

Linha		1	2	3		
Itinerário (zonas)	Ida	1	4	2	Linha 1 Ida	Linha 1 Volta
		4	2	4		
		2	5	3	Linha 2 Ida	Linha 2 Volta
		5		1		
	Volta	5	5	1	Linha 3 Ida	Linha 3 Volta
		3	3	3		

Fonte: Autora.

Tabela 2 - Matriz de Trechos Atendidos (MTA) das Linhas (1/2/3) - Exemplo hipotético

O\D	1	2	3	4	5
1	-	1/0/1	0/0/1	1/0/1	1/0/0
2	0/0/1	-	0/0/1	0/0/1	1/1/0
3	1/0/1	0/0/1	-	0/1/1	0/0/0
4	0/0/1	1/1/1	0/0/1	-	1/1/0
5	1/0/0	0/0/0	1/1/0	0/1/0	-

Nota: Trechos numerados em vermelho: atendidos na ida; Trechos em azul: atendidos na volta.

Fonte: Autora.

3.3.2 *Cenários de funcionamento do transporte público*

Diante de uma situação de crise de combustível, considerando a oferta limitada desse recurso energético, acredita-se que gestores e responsáveis pela administração do sistema de transporte de uma cidade ou região devem optar por manter em funcionamento as linhas consideradas prioritárias. Com o objetivo de determinar a ordem de prioridade das linhas de transporte público suscetíveis à crise, é proposto um cálculo de Demanda Potencial (DP) para cada linha, realizado a partir dos dados da Pesquisa OD e da respectiva MTA. É importante ressaltar que nesta etapa os modos de transporte operantes na região de estudo, previamente identificados, devem ser analisados. Considerando a crise proposta, modos movidos à energia elétrica, por exemplo, não estariam sujeitos às restrições de funcionamento, portanto, não entrariam na análise de prioridade.

Primeiramente, é identificado o número de viagens motorizadas referentes a cada trecho origem-destino existente nos resultados da pesquisa OD. Em seguida, verifica-se quais desses trechos são atendidos por cada linha de transporte público. Se houver casos de linhas a serem consideradas em operação independentemente do cenário analisado, ou seja, linhas que não serão afetadas pela crise avaliada (por exemplo, que utilizam energia elétrica), todos os trechos por elas atendidos são identificados. Nesta situação, considera-se que estes trechos já estarão atendidos pelo sistema de transporte público em funcionamento (por uma ou mais linhas consideradas permanentes). Caso não sejam definidas linhas permanentes, a primeira linha na ordem de prioridade deve ser determinada pelo cálculo de DP total. Para isso, a DP de cada linha é estabelecida pelo somatório do número de viagens motorizadas dos trechos por ela atendidos. A linha que apresentar maior valor de DP é classificada como de maior prioridade.

Para classificar as demais linhas, a DP é calculada a partir dos trechos origem-destino de atendimento que são agregados às linhas já consideradas em operação e/ou já classificadas. Ou seja, a fim de definir a primeira colocada na ordem de prioridade, para o caso de existirem linhas permanentes, por exemplo, para cada linha é calculado o somatório do número de viagens motorizadas dos trechos que são por ela atendidos, mas que não são atendidos pelas linhas permanentes. Dessa forma, a linha de transporte que agregar maior valor de DP será selecionada. Esse processo é feito de forma iterativa até que a DP agregada calculada para todas as linhas (ainda não classificadas) seja igual a zero. Isso ocorre pois é considerado que quando a DP calculada é nula, o que é verificado quando a linha não acrescenta novos trechos de atendimento ao ser colocada em operação junto com as demais, justifica sua não utilização em uma situação de crise.

Na Tabela 3 também é possível ver o resultado desse processo para o exemplo utilizado, porém considerando que neste caso nenhuma linha é considerada permanente, ou seja, todas as três linhas de transporte público serão avaliadas para classificação. Assim, pelo cálculo de DP total, a Linha 1 é determinada como a primeira na ordem de prioridade; a Linha 3 recebe a segunda colocação; e a Linha 2 não é classificada como prioritária por apresentar DP, calculada considerando apenas trechos de atendimento que são por ela agregados (neste caso, à Linha 1), igual a zero.

Tabela 3 - Exemplo hipotético de determinação da prioridade das linhas (considerando que os dados de OD utilizados contemplam apenas as 5 possibilidades apresentadas abaixo)

Zona Origem	Zona Destino	Viagens motorizadas	Linha 1	Linha 2	Linha 3
1	2	79	Atende	Não atende	Atende
1	5	54	Atende	Não atende	Não atende
2	3	41	Não atende	Não atende	Atende
4	5	32	Atende	Atende	Não atende
5	2	35	Não atende	Não atende	Não atende
Linha permanente			Não	Não	Não
Demanda Potencial (DP)			165 (79 + 54 + 32)	32	120 (79 + 41)
Prioridade			1	-	-
DP agregada à 1ª linha			-	0	41
Prioridade			1	-	2

Fonte: Autora.

Para elaborar os possíveis cenários de funcionamento de transporte público (CP) é considerado que um número restrito de linhas, correspondente aos modos de transporte movidos a combustíveis fósseis, poderá permanecer em funcionamento, seja esse número igual a zero (cenário mais pessimista, do ponto de vista de disponibilidade de combustível) ou equivalente ao número total de linhas prioritárias do local (cenário mais otimista). Assim, para uma região que possui N linhas de transporte público selecionadas em ordem de prioridade, os cenários são compostos da seguinte forma: o CP 0 corresponde à situação com nenhuma dessas linhas em funcionamento; o CP 1 corresponde à situação com 1 linha em funcionamento, de maior prioridade; o CP 2 considera 2 linhas em funcionamento, duas primeiras na lista de prioridade; e assim por diante até a composição do CP N, com as N linhas em funcionamento. No caso de

não existirem linhas consideradas como permanentes, o CP 0 corresponderá a uma situação em que apenas os modos ativos de transporte, a pé ou bicicleta, poderão ser utilizados.

A partir da MTA elaborada para cada linha e da ordem de prioridade estabelecida, é possível compor a MTA referente a cada CP. Esse procedimento é feito pela simples junção das matrizes correspondentes às linhas em funcionamento no respectivo cenário.

3.4. Cenários resultantes e classificação das viagens

Com os cenários de modos ativos (CA) e de funcionamento de transporte público (CP) estabelecidos, são formados os cenários resultantes (C) em que serão realizadas as análises da resiliência na mobilidade urbana. Isso é feito a partir de todas as combinações possíveis entre CA e CP. Para o exemplo apresentado, considerando três cenários compostos para modos ativos de transporte, a Tabela 4 exibe os cenários encontrados.

Tabela 4 - Composição do cenário resultante (C) a partir dos cenários de modos ativos (CA) e de transporte público (CP)

Cenários								
CA	CP	C	CA	CP	C	CA	CP	C
	0	1-0		0	2-0		0	3-0
1	1	1-1	2	1	2-1	3	1	3-1
	2	1-2		2	2-2		2	3-2

Fonte: Autora.

As viagens da Pesquisa OD são então classificadas, para cada cenário, a partir dos segmentos de resiliência apresentados por Folke et al. (2010) e Martins, Rodrigues da Silva e Pinto (2019), atribuindo prioridade aos modos ativos. Viagens realizadas a pé ou por bicicleta, dentro das respectivas DMPs, e realizadas por transporte público, com trechos atendidos pelo CP correspondente, são consideradas *persistentes*. Viagens realizadas por modos ativos, com distâncias acima das DMPs, são classificadas como *excepcionais*. Viagens feitas por modos motorizados, com distâncias dentro das DMP, e apenas por automóveis, com distâncias maiores que as DMPs, mas atendidas pelo transporte público em funcionamento, são consideradas *adaptáveis*. Por fim, viagens motorizadas, com distâncias superiores às DMPs e com percurso não atendido pelo CP, são classificadas como *transformáveis*, sendo essas as mais afetadas pela restrição imposta.

São resilientes as viagens *persistentes*, *adaptáveis* e *excepcionais*. As viagens *transformáveis* são avaliadas como vulneráveis. O nível de resiliência é dado pela porcentagem

de viagens resilientes em relação ao total de viagens, categorizado por Martins, Rodrigues da Silva e Pinto (2019) como segue: muito baixo (0 a 20,0%), baixo (20,1 a 40,0%), médio (40,1 a 60,0%), alto (60,1 a 80,0%) e muito alto (80,1 a 100,0%).

3.5. Algoritmo em *Python*

Com o intuito de testar a aplicação da estratégia descrita no presente capítulo e buscando eliminar possíveis restrições para sua utilização devido ao grande número de análises que seriam necessárias de acordo com a proporção da região avaliada, foi desenvolvido um código-fonte do algoritmo, em *Python* (Apêndice D). Este é utilizado como uma das ferramentas para a realização das etapas descritas nos itens 3.3 e 3.4.

As análises realizadas pelo programa são divididas em cinco partes, em que são utilizados dados obtidos e processados previamente. A Tabela 5 exhibe, para cada parte, os dados de entrada necessários para utilização desta ferramenta, bem como os dados que são obtidos pós-processamento (dados de saída). Além das informações que já são exportadas, caso o usuário tenha interesse, o programa também armazena informações mais detalhadas relativas à distribuição das viagens por categoria, em cada cenário avaliado.

Tabela 5 - Dados de entrada e saída do programa elaborado em *Python*

	Dados de entrada	Dados de saída
PARTE 1 Geração de matrizes de atendimento	- Informações gerais: Número de zonas de tráfego Linhas circulares Linhas permanentes - Itinerários das linhas (zonas)	MTA (Matriz de Trechos Atendidos) para cada linha de transporte público
PARTE 2 Banco de dados	- Dados das viagens (Pesquisa OD): Zona de origem Zona de destino Número de viagens motorizadas	Banco de dados relacionando cada trecho da Pesquisa OD com seu atendimento (ou não) pelas linhas de transporte público
PARTE 3 Análise de prioridade	-	Classificação das linhas em ordem de prioridade e os respectivos valores de DP (Demanda Potencial)
PARTE 4 Cenários de funcionamento de transporte público (CP)	-	MTA correspondente a cada CP a ser avaliado
PARTE 5 Avaliação da resiliência	- Matriz OD com distâncias em rede - Matrizes OD com as distribuições das viagens realizadas por cada modo de transporte - Cenários de modos ativos (CA) a serem avaliados	Resultados das análises de resiliência para todos os cenários (combinações entre CA e CP)

Fonte: Autora.

3.6. Análise por zona e distribuição espacial das viagens

A partir dos resultados encontrados é possível avaliar o número de viagens resilientes (*persistentes*, *excepcionais* e *adaptáveis*) e vulneráveis (*transformáveis*), assim como a distribuição espacial das categorias. Para cada cenário, é identificado o número de viagens, por categoria, que são originadas em cada uma das zonas de tráfego.

Esse tipo de análise possibilita verificar, para a região estudada, quais zonas possuem maior vulnerabilidade em cada cenário considerado, por exemplo. Possivelmente, moradores de zonas com maior proporção de viagens vulneráveis não utilizam com frequência modos ativos de transporte e/ou não são atendidos de forma efetiva pelo sistema de transporte público.

Assim, a utilização de mapas pode ser útil para que os gestores visualizem os pontos fracos de uma cidade e estudem estratégias para melhorar sua resiliência, antes de uma eventual crise (CARIOLET; VUILLET; DIAB, 2019).

3.7. Classificação das viagens e características socioeconômicas

Com base nos resultados obtidos também é possível verificar se há alguma relação entre a classificação das viagens e características socioeconômicas dos viajantes, como a renda, por exemplo. Neste caso, pode ser identificado o tipo de viagem que pessoas com maior ou menor renda realizam e, dependendo do cenário, que parte da população estaria mais vulnerável à crise ou mais suscetível a se adaptar a outros modos de transporte.

Para melhor compreensão dos procedimentos descritos, a Tabela 6 apresenta a metodologia em cinco etapas relacionando-as com os respectivos itens em que foram descritas neste capítulo e que estarão associadas no capítulo Resultados. Ademais, a Figura 4 ilustra o processo metodológico e relaciona cada passo à ferramenta utilizada para sua aplicação.

Tabela 6 - Descrição das etapas da metodologia proposta e os respectivos itens em que são abordadas nos capítulos de Metodologia e de Resultados

Etapa	Item relacionado em Metodologia	Item relacionado em Resultados	Descrição da etapa
1	3.1	4.2	Determinação das distâncias entre os pontos de origem e destino das viagens
2	3.2	4.3	Definição das Distâncias Máximas Possíveis (DMPs) para os modos a pé e bicicleta e composição dos cenários de modos ativos (CA)
3	3.3	4.4	Identificação das zonas de tráfego percorridas, nos percursos de ida e de volta, por cada linha
			Identificação dos trechos origem-destino atendidos para cada linha
			Elaboração da Matriz de Trechos Atendidos (MTA), para cada linha
			Cálculo da Demanda Potencial (DP) e classificação das linhas em ordem de prioridade
			Construção dos cenários de funcionamento de transporte público (CP)
4	3.4	4.5	Composição dos cenários a serem avaliados pelas combinações possíveis entre CA e CP
			Classificação das viagens em <i>persistentes</i> , <i>excepcionais</i> , <i>adaptáveis</i> e <i>transformáveis</i> , em cada cenário
			Determinação da resiliência na mobilidade urbana pela proporção de viagens <i>persistentes</i> , <i>excepcionais</i> e <i>adaptáveis</i> (em relação ao total de viagens)
5	3.6	4.6	Análise por zona e distribuição espacial das viagens <i>persistentes</i> , <i>excepcionais</i> , <i>adaptáveis</i> e <i>transformáveis</i> na região estudada
	3.7	4.7	Análise da relação entre a classificação das viagens e características socioeconômicas

Fonte: Autora.

Figura 4 - Conjunto de procedimentos e ferramentas que compõem a metodologia, associados aos itens do capítulo Resultados

Fonte: Autora.

4. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da estratégia de avaliação da resiliência proposta em dois estudos de caso, caracterizados no item 4.1. Para tal, a realização de cada etapa descrita na metodologia é discutida ao decorrer do capítulo (itens 4.2 a 4.5). Por fim, nos itens 4.6 e 4.7 são exibidas, respectivamente, as análises referentes à distribuição espacial das viagens e à relação entre cada categoria (*persistentes*, *adaptáveis* e *transformáveis*) e a renda, para os dois casos estudados.

4.1. Estudos de caso

A metodologia apresentada foi aplicada em dois estudos de caso: na cidade de São Carlos, no estado de São Paulo, e na Região Metropolitana de Maceió (RMM), no estado de Alagoas. Essas regiões foram escolhidas por apresentarem diferentes características de localização (interior e litoral, respectivamente), no sistema de transporte público e em características espaciais e demográficas.

São Carlos possui uma população de aproximadamente 252 mil habitantes (estimativa para 2019, a partir do censo realizado em 2010, pelo IBGE) e tem como característica uma concentração significativa de empregos na área acadêmica, de serviços e manufatura. A Figura 5 apresenta a distribuição da densidade populacional dessa cidade. Para esse caso, foram utilizados dados da Pesquisa OD realizada em 2007/2008 pelo Departamento de Engenharia de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos (RODRIGUES DA SILVA, 2008).

Já a RMM, que é composta pelos municípios de Maceió, Rio Largo e Satuba, tem uma população de aproximadamente 1,11 milhão de habitantes (estimativa para 2019, a partir do censo realizado em 2010, pelo IBGE) e apresenta economia baseada nos setores industrial e de serviços, com elevada participação das atividades de administração pública e comércio. A distribuição da densidade populacional é exibida da Figura 6. Os dados referentes a essa região foram obtidos a partir da Pesquisa de OD realizada em 2014, fornecidos pela Secretaria de Transporte e Desenvolvimento (SETRAND-AL).

Figura 5 - Distribuição da densidade populacional em São Carlos-SP

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados de grade censitária obtidos do IBGE (2010).

Figura 6 - Distribuição da densidade populacional na Região Metropolitana de Maceió-AL

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados de grade censitária obtidos do IBGE (2010).

4.1.1 Zonas de trânsito e viagens

Assim como Martins (2018), que analisou as mesmas regiões utilizando precisamente os mesmos dados de Pesquisa OD, algumas considerações foram feitas em relação aos bancos de dados. No que se refere às zonas de trânsito consideradas para análise, no caso de São Carlos foram eliminadas as zonas relativas aos distritos de Santa Eudóxia e Água Vermelha, devido à distância, totalizando 41 zonas de trânsito avaliadas (Figura 7). Já na RMM, das 90 zonas de trânsito, foram utilizadas 83 (Figura 8). As demais (zonas 54, 63, 79, 80, 82, 83 e 90) foram descartadas por corresponderem a zonas rurais e agrícolas, e à região da lagoa de Mundaú.

Em relação ao motivo das viagens, apenas viagens consideradas *essenciais* ou *necessárias* foram avaliadas. Então, as viagens com os motivos saúde, estudo, trabalho, negócios e assuntos pessoais foram selecionadas, no caso de São Carlos, e as viagens com os motivos lazer e residência foram excluídas, esta última categoria a fim de não existirem viagens

duplicadas na análise. No banco de dados referente à RMM, as viagens com os motivos saúde, estudo, trabalho, compras, assuntos pessoais e procura de emprego foram mantidas, eliminando as viagens para lazer e integração e/ou transferência para outro modo de transporte (intermediárias). Assim, foram avaliadas 6821 viagens no caso da cidade de São Carlos e 6038 viagens para a RMM.

Figura 7 - Zonas de tráfego da cidade de São Carlos-SP

Fonte: Autora.

Figura 8 - Zonas de tráfego consideradas para a Região Metropolitana de Maceió (RMM)-AL

Fonte: Autora.

4.1.2 Transporte público

No que diz respeito ao sistema de transporte público ofertado, característica de grande relevância para este estudo, as duas regiões apresentam algumas distinções. Em São Carlos o transporte público é realizado unicamente por ônibus. Os itinerários das linhas de ônibus em operação no ano de realização da Pesquisa OD utilizada foram obtidos junto à Prefeitura Municipal de São Carlos. Na época, o sistema contava com 54 linhas, em sua grande maioria radiais e diametrais. A Figura 9 exhibe a cobertura do sistema de ônibus e a Tabela A.7, do Apêndice A, apresenta a descrição das linhas para a cidade de São Carlos.

Figura 9 - Regiões atendidas pelo sistema de transporte público em São Carlos-SP no período da Pesquisa OD (2007/2008)

Fonte: Autora.

As informações correspondentes à RMM foram obtidas a partir do Plano de Mobilidade Urbana realizado em 2014 pela Secretaria de Estado da Infraestrutura do Estado de Alagoas. Nesse ano, a região contava com a atuação de linhas de ônibus municipais e intermunicipais, além de uma linha de transporte ferroviário que margeia a Lagoa Mundaú. Optou-se por não incluir na análise as linhas de ônibus intermunicipais, visto que estas não realizam paradas (para entrada e saída de passageiros) frequentes durante o trajeto. Das 106 linhas de ônibus municipais, classificadas entre convencionais, corujões e catracas, foram utilizadas apenas as convencionais. Considerou-se que as categorias corujões e catracas não seriam relevantes para este estudo, pois correspondem as linhas noturnas e linhas de bairros que operam como alimentadoras de terminais, respectivamente.

Ao analisar os itinerários das linhas municipais da RMM, observou-se que o destino de grande parte das linhas é concentrado na região central e que existe sobreposição de itinerários em muitos casos. Além disso, a maioria das linhas possui caráter radial e muitas operam como circulares, com ponto de controle apenas no bairro. Na Figura 10 é possível identificar as regiões percorridas pelo sistema de transporte público estudado, que corresponde às linhas de ônibus municipais e à linha de VLT (Veículo Leve sobre Trilhos), com extensão de 32,1km. É importante ressaltar que o sistema ferroviário da região utiliza o diesel como combustível, portanto, sua respectiva linha também deve entrar no processo de avaliação e classificação proposto em uma das etapas da estratégia apresentada.

Figura 10 - Regiões atendidas pelo sistema de transporte público na Região Metropolitana de Maceió (RMM)-AL

Fonte: Autora.

Também foi observado que algumas linhas de ônibus da RMM possuem percursos de ida e de volta com característica circular e trajetos diferentes. Dessa forma, para cada linha com essa propriedade, optou-se por separar esses percursos, compondo duas linhas. Como é o caso da Linha 022, por exemplo, que foi dividida para formar as Linhas 022I e 022V, correspondentes aos percursos circulares de ida e de volta da Linha 022, respectivamente. Esse procedimento foi realizado pois foi considerado que, por possuírem trajetos de ida e de volta divergentes, ambos com característica circular, em uma situação de crise pode ser conveniente manter apenas um desses trajetos. Na Tabela B.7, do Apêndice B, todas as linhas consideradas para análise da RMM são descritas.

4.2. Distribuição das viagens e distâncias entre zonas

A distribuição das viagens foi avaliada e as distâncias entre os centroides das zonas foi medida através da malha viária para ambas as regiões de estudo a fim de se obter os dados necessários para realização da análise.

4.2.1 São Carlos

No caso das 6821 viagens consideradas na cidade de São Carlos, 2283 são realizadas a pé (33,5%), apenas 222 por bicicleta (3,2%), 1445 por transporte público (21,2%) e 2871 por automóvel (42,1%). As Tabelas A.1, A.2, A.3, A.4 e A.5 do Apêndice A contém a distribuição do total de viagens e das viagens realizadas por cada modo na matriz de origem e destino. Em relação às distâncias entre os centroides das zonas (Apêndice A - Tabela A.6), os maiores valores identificados foram de 12,97 km e 12,27 km, entre as zonas 5 e 40 e entre as zonas 10 e 40, respectivamente. Ao analisar a relação entre a proporção do total de viagens realizada por cada modo de transporte e a distância da viagem, assim como a proporção de viagens por modo em relação à cada faixa de distância (Figura 11), é observado que para distâncias menores, até 2 km, o modo a pé é o mais utilizado. Quando consideradas distâncias de 2 a 6 km, os modos motorizados predominam. Além disso, grande parte das viagens realizadas se concentra nos intervalos com menores distâncias.

Figura 11 - Proporção de viagens por modo e intervalos de distância em São Carlos-SP

Fonte: Autora.

4.2.2 Região Metropolitana de Maceió

Do total de 6038 viagens analisadas na RMM, as realizadas por modos ativos de transporte estão distribuídas da seguinte forma: 2080 a pé (34,4%), 277 por bicicleta (4,6%). Já as viagens referentes aos modos motorizados foram categorizadas em transporte coletivo (1764 viagens - 29,2%) e transporte individual (1917 viagens - 31,8%). As distribuições do total de viagens e das viagens realizadas por cada modo na matriz de origem e destino são exibidas nas Tabelas B.1, B.2, B.3, B.4 e B.5 do Apêndice B. É possível observar maior proximidade entre a proporção de viagens por transporte coletivo e individual na RMM, em comparação com as categorias transporte público e automóvel na cidade de São Carlos. Entretanto, ambas as regiões apresentam aproximadamente 60% das viagens realizadas por modos motorizados.

Por se tratar de uma região metropolitana, que abrange mais de uma cidade, os maiores valores encontrados para as distâncias entre os centroides das zonas da RMM (Apêndice B - Tabela B.6) foram de 42,98 km, entre as zonas 55 e 87, e 41,69 km, entre as zonas 55 e 89. Porém, avaliando as viagens consideradas para análise, a maior distância entre zona origem e destino existente é de 29,55 km, entre as zonas de tráfego 65 e 2. A partir da Figura 12, nota-se a grande utilização do modo a pé para pequenas distâncias, assim como em São Carlos. Contudo, a RMM apresenta menor uso de transporte individual motorizado, em comparação com a categoria automóvel no caso da cidade de São Carlos, para distâncias de até 8 km.

Figura 12 - Proporção de viagens por modo e intervalos de distância na Região Metropolitana de Maceió (RMM)-AL

4.3. Distâncias máximas possíveis e cenários para modos ativos

A etapa seguinte foi determinar as Distâncias Máximas Possíveis (DMPs) para os modos a pé e bicicleta a serem avaliadas. Em seu trabalho, ao analisar a resiliência em São Carlos, considerando apenas os modos ativos de transporte, Martins, Rodrigues da Silva e Pinto (2019) destacaram três cenários de DMPs que apresentaram uma mudança expressiva no nível de resiliência. Assim, optou-se por utilizar essas DMPs para compor os cenários de modos ativos: CA 2, 7 e 8; e o primeiro e o último dos cenários avaliados, compondo os CA 1 e 9, respectivamente. Foram escolhidas também as condições de DMPs em que a resiliência máxima (100%) foi atingida, apenas com o funcionamento dos modos a pé e bicicleta, estabelecendo o CA 10. Além disso, foram consideradas situações intermediárias (CA 3, 4, 5 e 6). Os valores da DMPs a pé e de bicicleta, bem como os respectivos cenários avaliados no caso da cidade de São Carlos (CA 1 a 10), constam da Tabela 7.

Para o estudo com a RMM, foi determinado, primeiramente, que seriam utilizados os mesmos cenários anteriormente definidos. Além desses, acrescentou-se os seguintes cenários: CA 11, 12, 13 e 14, a partir dos cenários destacados para RMM no mesmo estudo de Martins, Rodrigues da Silva e Pinto (2019); CA 15 ao 25, para os quais foram estabelecidos valores intermediários de DMPs; e o CA 26, cenário em que a resiliência de 100% foi encontrada considerando apenas os modos ativos de transporte. As distâncias correspondentes a cada cenário acrescentado também são apresentadas na Tabela 7, onde todos os cenários listados foram aplicados para o caso da RMM.

Tabela 7 - Cenários para modos ativos (CA) avaliados e os respectivos valores de Distância Máxima Possível (DMP) a pé e para bicicleta

CA	DMP (km)		CA	DMP (km)	
	A pé	Bicicleta		A pé	Bicicleta
1	0	0	14	4	28
2	1.5	1.5	15	3	9
3	1.5	2.5	16	3	10
4	1.5	3.5	17	4	14
5	1.5	4.5	18	4	15.5
6	2	5.5	19	4	17
7	2.5	6	20	4	18.5
8	3.5	7.5	21	4	20
9	4	11	22	4	21.5
10	4	12.5	23	4	23
11	2	2	24	4	24.5
12	4	7.5	25	4	26
13	2	18	26	4	27.5

Nota: Cenários para o caso de São Carlos: CA 1 ao 10; para RMM: todos.

Fonte: Autora.

4.4. Trechos atendidos e cenários para o transporte público

De posse dos itinerários das linhas de transporte público em funcionamento no mesmo ano de realização da Pesquisa OD utilizada, 2007/2008 no caso de São Carlos e 2014 para a RMM, foram identificadas as zonas de tráfego percorridas por cada uma das linhas de transporte público, sendo 54 linhas de ônibus na cidade de São Carlos e 97 linhas na RMM (96 do sistema de ônibus municipal e 1 de VLT).

Com os dados necessários, o código-fonte elaborado em *Python* foi utilizado para a aplicação das etapas seguintes do método proposto, assim como descrito no item 3.3. A Tabela 8 contém as dez linhas que apresentaram os maiores valores de DP e, consequentemente, foram classificadas como as dez primeiras na ordem de prioridade, para os dois casos estudados.

As Tabelas A.7 (Apêndice A) e B.7 (Apêndice B) apresentam a classificação de todas as linhas de São Carlos e da RMM, respectivamente.

Tabela 8 - Dez primeiras linhas de transporte público na ordem de prioridade definida pela demanda potencial (DP), para São Carlos e para a Região Metropolitana de Maceió (RMM)

Prioridade	São Carlos		RMM	
	Linha	DP	Linha	DP
1	3969	1462	0201	1024
2	1111	765	0072	422
3	5476	267	0052	287
4	4551A	223	0017	175
5	0357	166	0706	140
6	5672	160	0703	97
7	4366	129	0057	77
8	1753	62	0603	77
9	1978	61	0048	74
10	4765	56	0102	69

Fonte: Autora.

No caso de São Carlos, do total de 54 linhas, 28 foram classificadas em ordem de prioridade. Já na RMM, 44 linhas foram selecionadas (do total de 97). As linhas não classificadas apresentaram DP nula ao final do processo de análise iterativa, ou seja, não acrescentariam novos trechos de atendimento ao serem colocadas em operação junto com as demais linhas já ordenadas. Assim, foram analisados 29 e 45 cenários relativos ao transporte público (CP) para os casos de São Carlos e da RMM, respectivamente. Como em ambos os casos não existem linhas que possam ser consideradas permanentes, que não seriam afetadas pela crise estudada, o primeiro cenário (CP 0) corresponde à situação em que o sistema de transporte público não é colocado em operação, caso em que seriam utilizados apenas modos ativos de transporte. Os demais cenários são gerados com o acréscimo das linhas, uma por vez, seguindo a ordem de prioridade estabelecida. Então, os últimos cenários, CP 28 para São Carlos e CP 44 para RMM, correspondem à situação com todas as linhas prioritárias em operação.

É interessante destacar que as linhas classificadas com maior prioridade para o caso da RMM (Linha 0201) e a segunda colocada no caso de São Carlos (Linha 1111) possuem comportamento circular, como é exposto nas Tabelas B.7 e A.7, dos Apêndices B e A, respectivamente. As Figuras 13 e 14 apresentam o trajeto percorrido por estas linhas. Observa-se que, no caso da Linha 0201 (da RMM), mesmo que apresente característica circular, esta linha percorre diferentes trajetos em seus sentidos de ida e volta. Além disso, a região de

atendimento da linha corresponde à região central da cidade, onde estão situados polos de comércio (zona 9 e arredores), escolas (zona 15) e hospitais de referência (zonas 3, 9 e 24), o que justifica sua classificação. No caso da Linha 1111 (de São Carlos), seu trajeto permite o acesso a uma das principais universidades da cidade (zona 13), a um importante hospital (zona 12) e ao centro comercial (zonas 21, 24 e 29).

As Figuras A.1 a A.4, do Apêndice A, e as Figuras B.1 a B.7, do Apêndice B, exibem os trajetos das quatro primeiras linhas (na ordem de prioridade) para São Carlos e das sete primeiras no caso da RMM, respectivamente. Na Figura B.8 (Apêndice B) é apresentado o trajeto percorrido pela linha de VLT, operante na RMM, onde é possível identificar o motivo desta linha não ser selecionada como prioritária: não percorrer as principais zonas geradoras de viagens.

Figura 13 - Trajeto linha de ônibus 0201, da Região Metropolitana de Maceió

Fonte: Autora.

Figura 14 - Trajeto linha de ônibus 1111, da cidade de São Carlos

Fonte: Autora.

4.5. Cenários resultantes, classificação das viagens e nível de resiliência

A partir de todas as combinações possíveis dos CA e CP elaborados, foram determinados os cenários resultantes (C), 290 para São Carlos e 1170 para RMM. Ao avaliar cada cenário resultante, as viagens foram segmentadas em *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis*, como descrito no item 3.4, e a resiliência na mobilidade urbana, considerada como a porcentagem de viagens correspondentes às três primeiras categorias citadas em relação ao total de viagens, foi calculada. Os valores de resiliência encontrados para cada cenário, em cada uma das regiões estudadas, são apresentados no Apêndice C - Tabela C, onde cada resultado é associado aos CA e CP correspondentes.

Comparando diferentes cenários de DMPs, o valor da resiliência só é alterado com a mudança da DMP para bicicleta, pois a variação desse parâmetro para o modo a pé só causa a migração de viagens entre as categorias *persistentes e excepcionais*, ambas resilientes (MARTINS; RODRIGUES DA SILVA, 2018). Assim, a partir dos resultados obtidos, foram elaborados gráficos com a variação da resiliência em função da DMP para bicicleta, considerando alguns dos cenários de funcionamento de transporte público, que são apresentados nas Figuras 15 e 16 para os estudos de caso realizados em São Carlos e na RMM, respectivamente. O número do “CP” representa o número de linhas prioritárias em operação no cenário considerado.

Analisando os resultados obtidos para os dois estudos de caso, observa-se que o cenário mais pessimista avaliado, C 1-0 (DMPs iguais a 0 km e nenhuma linha de transporte público operante), apresentou resiliência de 40,4% no caso de São Carlos e 43,0% no caso da RMM, valores considerados como nível “médio” segundo Martins e Rodrigues da Silva (2018). Para as mesmas condições de DMPs para os modos ativos, porém considerando apenas 1 linha de transporte público em funcionamento (C 1-1), se alcança um nível de resiliência “alto” em São Carlos (61,9%) e o limite máximo no nível “médio” na RMM (60,0%). Apenas a inserção do transporte público, em mínimo funcionamento (uma linha), já gerou um aumento considerável na resiliência em ambos os casos. Em São Carlos os ganhos foram de 21,4%, 19,5% e 14,3%, para DMPs de bicicleta de 0 km, 1,5 km e 2,5 km, respectivamente. Para os mesmos valores de DMPs, na RMM, obteve-se: 17,0%, 16,0% e 12,2%.

Figura 15 - Variação da resiliência na mobilidade para diferentes valores de Distâncias Máximas Possíveis (DMP) para bicicleta e para diferentes cenários de funcionamento de transporte público em estudo de caso realizado em São Carlos - SP

Nota: “CP” representa o número de linhas prioritárias em operação no cenário considerado.

Fonte: Autora.

Ao avaliar o CP 0, mais uma vez, percebe-se que o nível de resiliência na mobilidade “muito alto” (maior que 80%) foi encontrado apenas a partir das DMPs para bicicleta iguais a 4,5 km e 9 km, para São Carlos e Maceió, respectivamente. Na primeira região, com a inserção de 4 linhas de transporte público (CP 4) ou mais, esse nível é alcançado independente da DMP considerada. Já na RMM, o valor acima de 80% só é obtido para o CP 7, considerando distâncias de 1,5 km ou maiores, ou quando consideradas 8 linhas ou mais em operação (independente da DMP).

Ao fixar a análise em um valor de DMP notou-se que, quanto maior o número de linhas consideradas em operação, maior é o valor para resiliência encontrado, como esperado. Por exemplo, no caso da DMP para bicicleta de 2,5 km (em São Carlos e na RMM, respectivamente): para o caso de nenhuma linha operante foram encontrados valores para

resiliência nível “médio” (57,8% e 51,6%); considerando 1 linha em funcionamento, nível “alto” (72,1% e 63,8%); e com 10 linhas, nível “muito alto” (90,6% e 84,1%).

Figura 16 - Variação da resiliência na mobilidade para diferentes valores de Distâncias Máximas Possíveis (DMP) para bicicleta e para diferentes cenários de funcionamento de transporte público em estudo de caso realizado na Região Metropolitana de Maceió (RMM)-AL

Nota: “CP” representa o número de linhas prioritárias em operação no cenário considerado.

Fonte: Autora.

Ademais, quanto maior a distância máxima admitida, menor é a variação da resiliência com a inserção do transporte público e com o acréscimo de linhas. Em São Carlos, ao considerar a DMP de 5,5 km, alguns dos resultados de resiliência obtidos foram: 88,7%, 92,1% e 96,1%, para 0, 1 e 10 linhas em operação, respectivamente. Em comparação com o exemplo de DMP de 2,5 km anteriormente citado, é visível que a inserção da primeira linha de ônibus gerou menor variação na resiliência (3,4% para DMP de 5,5 km e 14,3% para DMP de 2,5 km). Ao comparar o CP 10 com o CP 0, a variação foi de 7,4% (ou 96,1% - 88,7%) e 32,8% (ou 90,6% - 57,8%), para as distâncias de 5,5 km e 2,5 km, respectivamente. Da mesma forma, na RMM, é feita a comparação entre os resultados obtidos entre a DMP igual a 5,5 km (71,9%, para o CP 0; 74,8%, para o CP 1; e 87,9%, para o CP10) com a de 2,5 km. Ao inserir apenas uma linha, nota-se menor variação na resiliência para a distância de 5,5 km (2,9%, enquanto que

para DMP de 2,5 km foi de 12,2%). Considerando a inserção de 10 linhas, em comparação com o CP 0, a variação foi de 16,0% e 32,5%, para as distâncias de 5,5 km e 2,5 km, respectivamente.

4.6. Distribuição espacial das viagens

Ao avaliar os resultados obtidos para São Carlos (Figura 15), considerando apenas um valor de DMP para bicicleta, 1,5 km, observa-se que a passagem do nível de resiliência “médio” (40,1 a 60,0%), encontrado para o CP 0, para o nível “alto” (60,1 a 80,0%) ocorre com o CP 1. Já o nível “muito alto” (80,1 a 100,0%) é encontrado para o CP 4. Ao fixar a análise em apenas um cenário de funcionamento de transporte público, o CP 1, até o primeiro ponto em que sua curva atinge o nível “muito alto” de resiliência”, são notados pontos de inflexão para as DMPs iguais a 1,5 km e 3,5 km. Então, para essa cidade, optou-se por avaliar a distribuição das viagens para as seguintes situações: CP 0, CP 1 e CP 4, para a DMP para bicicleta de 1,5 km (Figuras 17, 18 e 19, respectivamente); e CP 1, para a DMP para bicicleta de 3,5 km (Figura 20). Para essa análise, em todos os cenários a DMP a pé considerada é de 1,5 km.

Dos resultados referentes a RMM (Figura 16), considerando a DMP de 1,5 km, nota-se que a passagem do nível de resiliência “médio”, encontrado para o CP 0, para o nível “alto” também ocorre com o CP 1. Nesse caso, o nível “muito alto” é encontrado no CP 7. Da mesma forma, considerando apenas a curva obtida para o CP 1, pontos de inflexão são observados para as DMPs iguais a 2 km, 5,5 km e 7,5 km. Portanto, para essa região são analisados os cenários: CP 0, CP 1 e CP 7, para a DMP para bicicleta de 1,5 km (Figuras 21, 22 e 23, respectivamente); e CP 1, para as DMPs para bicicleta de 2 km, 5,5 km e 7,5 km (Figuras 24, 25 e 26, respectivamente). Assim como em São Carlos, a DMP a pé de 1,5 km é determinada para todas essas situações.

Analisando a resiliência na mobilidade urbana por zona, para os cenários selecionados, foi obtido o número de zonas de tráfego classificadas em cada nível de resiliência (Tabelas 9 e 10, para São Carlos e para RMM, respectivamente). No caso da RMM, das 83 zonas avaliadas, 4 (zonas 6, 9, 75 e 86) não foram classificadas por não apresentarem viagens nelas produzidas. Em ambas as regiões, o acréscimo de linhas de transporte público consideradas em operação provoca a migração das zonas para níveis mais altos de resiliência. O mesmo ocorre ao comparar cenários com alteração apenas de DMP para bicicleta (mantendo a análise no CP 1), chegando à inexistência de zonas com nível “muito baixo” de resiliência e às proporções de 75,9% e 92,4% das zonas analisadas com nível “alto” ou “muito alto”, para os cenários com DMPs de 5.5 km e 7.5 km, na RMM.

A partir das Figuras 17, 18 e 19, para São Carlos, e das Figuras 21, 22 e 23, para RMM, é possível avaliar espacialmente a influência da inserção de linhas de transporte público em operação na proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis*, para cada zona. Observa-se que, ao considerar a primeira linha de ônibus em operação (CP 1), algumas zonas já apresentaram ganho de resiliência (regiões sul e sudeste da RMM, por exemplo), equivalente à diminuição do número de viagens *transformáveis*, enquanto outras permaneceram inalteradas (regiões norte e nordeste em São Carlos, por exemplo). As zonas beneficiadas com a inserção da primeira linha de transporte foram as zonas cujas viagens produzidas são atendidas por esta linha. Considerando um maior número de linhas em operação (CP 4 e CP 7, em São Carlos e na RMM, respectivamente), as demais zonas também são beneficiadas, o que demonstra que a ordenação das linhas a partir dos trechos origem-destino agregados foi efetiva, pois viagens que anteriormente não estavam sendo atendidas pelo sistema público de transporte também foram favorecidas.

Ao comparar a distribuição espacial das viagens para diferentes valores de DMPs com um mesmo cenário de transporte público, CP 1 (Figuras 18 e 20, para São Carlos; Figuras 22, 24, 25 e 26, para RMM), é possível identificar zonas produtoras de viagens com maior propensão de se adaptar aos modos ativos de transporte. Além disso, identifica-se que, na grande maioria dos casos, se os moradores estiverem dispostos a percorrer maiores distâncias a pé ou utilizando a bicicleta, a vulnerabilidade é consideravelmente reduzida.

Tabela 9 - Número de zonas de tráfego em cada nível de resiliência, no caso de São Carlos, para os cenários: CP 0, CP 1 e CP 4, com DMP para bicicleta de 1,5 km; e CP 1 para DMP de bicicleta de 3,5 km

Nível de Resiliência	DMP 1,5 km			DMP 3,5 km
	CP 0	CP 1	CP 4	CP 1
Muito baixo	2	2	1	1
Baixo	12	8	2	3
Médio	23	12	4	2
Alto	3	11	9	14
Muito alto	1	8	25	21

Fonte: Autora.

Tabela 10 - Número de zonas de tráfego em cada nível de resiliência, no caso da RMM, para os cenários: CP 0, CP 1 e CP 7, com DMP para bicicleta de 1,5 km; e DMPs para bicicleta de 2,0 km, 5,5 km e 7,5 km, com CP 1

Nível de Resiliência	DMP 1,5 km			CP1		
	CP 0	CP 1	CP 7	DMP 2,0 km	DMP 5,5 km	DMP 7,5 km
Muito baixo	8	6	1	5	0	0
Baixo	24	14	3	14	4	2
Médio	31	20	5	19	15	4
Alto	14	15	24	16	24	27
Muito alto	2	24	46	25	36	46

Fonte: Autora.

Figura 17 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 18 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 19 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 4, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 20 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 3,5 km e CP 1, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 21 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, na Região Metropolitana de Maceió

Fonte: Autora.

Figura 22 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, na Região Metropolitana de Maceió

Fonte: Autora.

Figura 23 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 7, na Região Metropolitana de Maceió

Fonte: Autora.

Figura 24 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 2,0 km e CP 1, na Região Metropolitana de Maceió

Fonte: Autora.

Figura 25 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 5,5 km e CP 1, na Região Metropolitana de Maceió

Fonte: Autora.

Figura 26 - Distribuição espacial das viagens por zona e por categoria para o cenário com DMP para bicicleta de 7,5 km e CP 1, na Região Metropolitana de Maceió

Fonte: Autora.

4.7. Relação entre a classificação da viagem e a renda

Considerando os mesmos cenários utilizados para verificação da distribuição espacial das viagens das duas regiões analisadas (item 4.6), foi verificada a relação entre a distância de cada viagem com a renda associada ao indivíduo que a realiza. A partir das informações disponíveis nos bancos de dados, são utilizadas a renda mensal individual e a renda mensal domiciliar para os casos de São Carlos e da RMM, respectivamente. Então, com a análise realizada, é possível visualizar a parcela de viagens que pertence a cada categoria (*persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis*) e sua relação com a renda. Os gráficos gerados são apresentados nas Figuras 27 à 30, para São Carlos, e nas Figuras 31 à 36, para RMM.

Em São Carlos, o maior valor para renda mensal individual encontrado é de R\$ 9.500,00 e é visível a predominância das viagens na região com renda de até R\$ 2.000,00. Já na RMM a renda mensal domiciliar máxima é de R\$ 35.000,00, que seria equivalente a aproximadamente R\$ 11.700,00, se for considerada a média de três moradores por domicílio (a partir dos dados da Pesquisa OD). Neste caso, a predominância das viagens ocorre para rendas domiciliares de até R\$ 5.000,00 (aproximadamente R\$ 1.700,00 por indivíduo, a partir da média de moradores considerada).

Figura 27 - Relação entre a renda mensal individual em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 28 - Relação entre a renda mensal individual em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 29 - Relação entre a renda mensal individual em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 4, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 30 - Relação entre a renda mensal individual em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 3,5 km e CP 1, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 31 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, na RMM

Fonte: Autora.

Figura 32 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, na RMM

Fonte: Autora.

Figura 33 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 7, na RMM

Fonte: Autora.

Figura 34 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 2,0 km e CP 1, na RMM

Fonte: Autora.

Figura 35 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 5,5 km e CP 1, na RMM

Fonte: Autora.

Figura 36 - Relação entre a renda mensal domiciliar em reais (R\$), a distância e a classificação de cada viagem para o cenário com DMP para bicicleta de 7,5 km e CP 1, na RMM

Fonte: Autora.

Para melhor visualização das relações existentes entre a renda e as categorias de viagens, optou-se pela elaboração de gráficos associando faixas de renda e as respectivas proporções de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* em relação ao número de viagens correspondentes às respectivas faixas (lado esquerdo) e ao número total de viagens (lado direito). No que diz respeito aos valores de renda pertencentes a cada faixa, foi determinado que uma classe de renda seria destinada às viagens associadas à renda igual a zero, pois esse valor representa que o indivíduo não possui ou não quis declarar sua renda. Os valores limites para as demais classes foram definidos pelo cálculo dos quartis. Dessa forma, para os cenários anteriormente determinados e utilizados nas análises, foram gerados os gráficos apresentados nas Figuras 37 à 40, para São Carlos, e nas Figuras 41 à 46, para a RMM.

Para a análise comparativa, não foram consideradas as viagens relativas à faixa de renda “Não possui ou não declarou”. Assim, a partir da proporção de viagens por faixa (lado esquerdo do gráfico), nos cenários mais pessimistas (sem operação do transporte público e com valores baixos de DMPs para bicicleta - Figuras 37 e 41), é possível observar que quanto maior a renda, maior é a proporção de viagens vulneráveis (*transformáveis*). Considerando cenários mais otimistas, com maior número de linhas de transporte público em funcionamento e maiores valores de DMPs para bicicleta (Figuras 39 e 40, para São Carlos, e Figuras 43 e 46, para RMM), nota-se que ocorre a redução da diferença da vulnerabilidade entre as faixas de renda.

Além disso, avaliando a influência do acréscimo de transporte público (Figuras 37, 38 e 39, em São Carlos, e Figuras 41, 42 e 43, na RMM), verifica-se que a inserção de linhas provoca a migração de parte das viagens *transformáveis* para as categorias *persistentes* e *adaptáveis*, o que leva ao aumento da resiliência. No caso da RMM, nota-se ainda que há um crescimento considerável não só das viagens *adaptáveis*, mas também das *persistentes*, o que representa que parte dos moradores dessa região já utiliza o transporte público, inclusive os que possuem maiores valores de renda. É interessante observar também que a proporção de viagens *adaptáveis* e *persistentes* é mais expressiva nas parcelas com maior e menor renda, respectivamente. Comparando os cenários com CP 1 e variação dos valores de DMP para bicicleta (Figuras 38 e 40, em São Carlos, e Figuras 44 e 45, na RMM), em relação à proporção de viagens por faixa de renda, verifica-se que há pouca alteração na proporção de viagens *persistentes* e um crescimento considerável no caso das *adaptáveis*.

Figura 37 - Proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 38 - Proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 39 - Proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 4, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 40 - Proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 3,5 km e CP 1, em São Carlos

Fonte: Autora.

Figura 41 - Proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 0, na RMM

Fonte: Autora.

Figura 42 - Proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 1, na RMM

Fonte: Autora.

Figura 43 - Proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 1,5 km e CP 7, na RMM

Fonte: Autora.

Figura 44 - Proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 2,0 km e CP 1, na RMM

Fonte: Autora.

Figura 45 - Proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 5,5 km e CP 1, na RMM

Fonte: Autora.

Figura 46 - Proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* para cada faixa de renda, no cenário com DMP para bicicleta de 7,5 km e CP 1, na RMM

Fonte: Autora.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas a partir do estudo realizado. Primeiramente, a estratégia de avaliação da resiliência na mobilidade urbana com inserção do transporte público proposta é discutida. O segundo item trata das principais análises realizadas a partir dos resultados obtidos nos estudos de caso. Por fim, são indicadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

5.1. A estratégia de avaliação da resiliência na mobilidade urbana com a inserção do transporte público

O estudo teve como objetivo principal inserir o transporte público em uma estratégia de avaliação da resiliência na mobilidade urbana. Foi considerada a situação hipotética de que as viagens poderiam ocorrer apenas pelos modos a pé, bicicleta ou através do transporte público, que estaria limitado em virtude de uma oferta restrita de combustível. O método proposto é aplicado a partir de dados de viagens obtidos em Pesquisas de Origem e Destino (OD) e dos itinerários do serviço de transporte público da região a ser avaliada. As viagens realizadas pelos modos de transporte motorizados foram desagregadas em público e privado, possibilitando a introdução apenas do transporte público na análise, com base no pressuposto de que, em uma situação de crise, a utilização do modo privado motorizado seria interrompida.

Para aplicação do método são compostos diversos cenários. Na composição dos cenários de modos ativos, são determinadas Distâncias Máximas Possíveis (DMPs) de serem percorridas pelos modos a pé e bicicleta. Para inserir o transporte público em diferentes condições de funcionamento, é estabelecida uma ordem de prioridade das linhas de transporte segundo sua Demanda Potencial (DP), calculada a partir do número de viagens motorizadas correspondentes aos trechos origem-destino por elas percorridos e que não são atendidos pelas linhas previamente consideradas em operação e/ou classificadas. Os cenários de funcionamento de transporte público são compostos com a introdução gradual dessas linhas, conforme a ordem definida. Então, a avaliação da resiliência é realizada a partir dos cenários formados pelas combinações possíveis entre os cenários de modos ativos e de funcionamento de transporte público (CA e CP, respectivamente). Para cada circunstância analisada, as viagens são categorizadas em *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis*. O nível de resiliência na mobilidade urbana é encontrado a partir das três primeiras categorias citadas.

Com intuito de otimizar a aplicação dos procedimentos, foi elaborado um código-fonte em linguagem *Python* para ser utilizado como uma das ferramentas durante as etapas da

estratégia proposta. Assim, foram eliminadas possíveis limitações em relação ao tamanho da região a ser avaliada e à quantidade de linhas de transporte público existente.

A estratégia proposta fornece uma ferramenta de simples aplicação para auxiliar no processo de planejamento do sistema de transporte, principalmente em situações em que o serviço público de transporte esteja sujeito a limitações e que seja necessário que o atendimento ocorra da maneira mais eficiente possível. Além disso, esta possui grande aplicabilidade, inclusive em regiões onde planejadores possuem pouco recurso para avaliar a mobilidade. É interessante ressaltar também que o cálculo de Demanda Potencial (DP) proposto neste trabalho pode ser aplicado em outras circunstâncias em que seja necessário identificar e ordenar as linhas prioritárias, como greves do setor de transporte público e outras crises.

5.2. Análises dos resultados obtidos nos estudos de caso

Foram realizados dois estudos de caso, um na cidade de São Carlos-SP e outro na Região Metropolitana de Maceió (RMM)-AL, nos quais foram avaliados 290 e 1170 cenários, respectivamente. Ao classificar as linhas de transporte público em ordem de prioridade, conforme a metodologia proposta, observou-se que as linhas com característica circular foram classificadas com alta prioridade, primeira e segunda colocação nos casos da RMM e de São Carlos, respectivamente. Assim, a utilização de linhas de transporte com esse tipo de característica pode ser pertinente para estruturar um sistema de transporte resiliente.

A partir do índice de resiliência obtido para cada situação analisada foi possível concluir que, em comparação com os cenários de restrição total aos modos motorizados (CP 0), a inserção do transporte público, em mínimo funcionamento (CP 1), proporcionou um ganho considerável de resiliência na mobilidade urbana para os cenários com menores valores de DMPs para bicicleta, em ambas as regiões. Ademais, ao considerar como operantes apenas 4 linhas de transporte público para o caso de São Carlos e 8 linhas para a RMM, já se obteve o nível de resiliência “muito alto” (maior que 80%) independente da DMP admitida.

Os resultados também comprovaram que, quanto maior o número de linhas consideradas em operação, ou seja, quanto maior a oferta de combustível disponível considerada, maior o ganho no valor para resiliência encontrado. Além disso, ao relacionar a resiliência e a DMP para bicicleta, notou-se que quanto maior a distância máxima admitida para o modo bicicleta e, como consequência, maior a distância admitida aos modos ativos de transporte, menor é o aumento da resiliência com a inserção do transporte público. Tal observação é compreensível, pois quanto maiores as distâncias associadas aos modos ativos, mais viagens devem ser

realizadas por esses modos e menor é a demanda por transporte público para atender às demais viagens (viagens mais longas).

A partir da análise de resiliência por zona e visualizando a distribuição espacial da proporção de viagens *persistentes*, *excepcionais*, *adaptáveis* e *transformáveis* em cada zona, foi possível identificar as regiões que são mais vulneráveis em cada situação e que são associadas a viagens com maior propensão de se adaptar ao cenário imposto. Zonas com baixas proporções de viagens classificadas em categorias associadas aos modos ativos de transporte e ao transporte público possivelmente possuem alguma carência em infraestrutura e/ou falta incentivo para utilização desses modos. Dessa forma, esse tipo de avaliação possibilita identificar tais zonas para que estudos específicos e investimentos necessários sejam realizados.

Ao relacionar as distâncias e a categoria de cada viagem com a renda associada ao indivíduo que a realiza, verificou-se que, nos cenários mais pessimistas (com valores baixos de DMPs para bicicleta e sem transporte público em funcionamento), faixas de renda com maiores valores apresentam maior proporção de viagens vulneráveis. Entretanto, considerando situações com maiores valores de DMPs para bicicleta e com inserção de linhas de transporte público em operação, as diferenças nas proporções de viagens vulneráveis (*transformáveis*) entre as classes de renda são reduzidas.

Com este estudo foi possível verificar a relevância da inserção do transporte público na avaliação da resiliência na mobilidade urbana, bem como a importância da sua inserção no sistema de mobilidade para a melhoria da resiliência. Ademais, a avaliação proposta possibilita associar características e vulnerabilidades da região estudada e dos viajantes.

5.3. Limitações e sugestões para trabalhos futuros

O método proposto corresponde a um avanço na estratégia apresentada por Martins e Rodrigues da Silva (2018, 2019), através da inserção do transporte público na avaliação da resiliência na mobilidade urbana. Os resultados obtidos foram relevantes, entretanto, deve-se reconhecer que ainda apresenta algumas limitações.

Por ser uma ferramenta que utiliza a Pesquisa OD, a estratégia proposta necessita de dados relativamente pouco detalhados para sua aplicação, o que aumenta seu potencial de uso em diferentes contextos. Entretanto, a metodologia utilizada admite simplificações ao considerar as zonas de tráfego e seus centroides na avaliação dos trajetos das viagens e das rotas de transporte público. Além disso, não foi considerada, nesta avaliação, a possibilidade de

integração entre as linhas de transporte público. Sendo assim, é possível dar continuidade a esta pesquisa para ampliar as análises realizadas.

A aplicação desta estratégia em outras regiões, com sistema de transporte público mais abrangente e variado em relação ao modo, permitirá verificar a influência dessas características. Inserir a utilização de coordenadas geográficas dos pontos de origem e destino das viagens pode gerar resultados mais precisos e detalhados. Sugere-se, também, considerar a possibilidade de integração entre os modos de transporte público e incorporar outros modos de transporte, como os automóveis particulares e de sistemas de *ridesourcing*, na avaliação.

O presente estudo procurou considerar limitações de distâncias a serem percorridas a pé e por bicicleta, associadas às características de cada região e dos indivíduos, através da composição de diversos cenários. Dessa forma, várias possibilidades foram avaliadas, o que possibilita a escolha do cenário mais adequado para uma possível análise de resultados em um processo de planejamento. A classificação das linhas de transporte público foi proposta com base no cálculo da Demanda Potencial (DP), contudo, outros fatores podem ser relevantes nesse processo, como a priorização ao acesso a serviços básicos (hospitais, por exemplo). Assim, desenvolver este procedimento, levando em consideração outras variáveis relevantes, poderá aprimorar a análise.

Além disso, não foi avaliada a capacidade de atendimento das linhas de transporte público. Uma análise relacionando a demanda potencial existente para cada linha, sua capacidade e frequência de atendimento, aperfeiçoaria o cálculo proposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANISTER, D. The trilogy of distance, speed and time. **Journal of Transport Geography**, v. 19, p. 950-959, 2011.

BEHESHTIAN, A.; DONAGHY, K.; GAO, H.; SAFAIE, S.; GEDDES, R. Impacts and implications of climatic extremes for resilience planning of transportation energy: A case study of New York city. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 1299-1313, 2018.

BERCHE, B.; VON FERBER, C; HOLOVATCH, T.; HOLOVATCH, Y. Resilience of public transport networks against attacks. **European Physical Journal B**, v. 71, n. 1, p. 125-137, 2009.

BERDICA, K. An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done. **Transport Policy**, v. 9, n. 2, p. 117-127, 2002.

BP. **BP Energy Outlook 2018**. Disponível em: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

BRUNEAU, M.; CHANG, S.E.; EGUCHI, R.T.; LEE, G.C.; O'ROURKE, T.D.; REINHORN, A.M.; SHINOZUKA, M.; TIERNEY, K.; WALLACE, W.A. e VON WINTERFELDT, D. A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. **Earthquake Spectra**, v. 19, n. 4, p. 733-752, 2003.

BUENK, R.; GROBBELAAR, S. S. S.; MEYER, I. A framework for the sustainability assessment of (micro)transit systems. **Sustainability**, v. 11, p. 5929, 2019.

CARIOLET, J. -M.; VUILLET, M.; DIAB, Y. Mapping urban resilience to disasters - A review. **Sustainable cities and society**, v. 51, p. 101746, 2019.

CARPENTER, S.; WALKER, B.; ANDERIES, J. M.; ABEL, N. From metaphor to measurement: resilience of what to what? **Ecosystems**, v. 4, p. 765-781, 2001.

CHAN, R.; SCHOFER, J. L. Measuring transportation system resilience: Response of rail transit to weather disruptions. **Natural Hazards Review**, v. 17, n. 1, 2016.

COAFFEE, J.; THERRIEN, M. -C.; CHELLERI, L.; HENSTRA, D.; ALDRICH; D. P.; MITCHELL, C. L.; TSENKOVA, S.; RIGAUD, É. Urban resilience implementation: A policy challenge and research agenda for the 21st century. **Journal of Contingencies and Crisis Management**, v. 26, n. 3, p. 403-410, 2018.

COX, A.; PRAGER, F.; ROSE, A. Transportation security and the role of resilience: A foundation for operational metrics. **Transport Policy**, v. 18, n. 2, p. 307-317, 2011.

CUTTER, S. L. The landscape of disaster resilience indicators in the USA. **Natural Hazards**, v. 80, p. 741-758, 2016.

DA SILVA, B. L.; SARMENTO, T. A.; SANTOS, V. E. da S.; TAVARES, F. B. R. Crise petrolífera e o descaso ferroviário: da dependência ao colapso. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2019.

D'LIMA, M.; MEDDA, F. A new measure of resilience: An application to the London underground. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 81, p. 35-46, 2015.

FERNANDES, V. A.; ROTHFUSS, R.; HOCHSCHILD, V.; DA SILVA, W. R.; SANTOS, M. P. de S. Resiliência da mobilidade urbana: uma proposta conceitual e de sistematização. **Transportes**, v. 25, n. 4, p. 147-160, 2017.

FERNANDES, V. A.; ROTHFUSS, R.; HOCHSCHILD, V.; SILVA, M. A. V. D.; SILVA, W. R. D.; STEINIGER, S.; SANTOS, T. F. D. Urban resilience in the face of fossil fuel dependency: the case of Rio de Janeiro's urban mobility. **Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019.

FOLKE, C.; CARPENTER, S. R.; WALKER, B.; SCHEFFER, M.; CHAPIN, T.; ROCKSTRÖM, J. Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. **Ecology and Society**, v. 15, n. 4, 2010.

GAITANIDOU, E.; TSAMIB, M.; BEKIARIS, E. A review of resilience management application tools in the transport sector. **Transportation Research Procedia**, v. 24, p. 235-240, 2017.

GÖSSLING, S.; SCHRÖDER, M.; SPÄTH, P.; FREYTAG, T. Urban space distribution and sustainable transport. **Transport Reviews**, v. 36, n. 5, p. 659-679, 2016.

GROSJEAN, C.; MIRANDA, P. H.; PERRIN, M.; POGGI, P. Assessment of world lithium resources and consequences of their geographic distribution on the expected development of the electric vehicle industry. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 1735-1744, 2012.

HANDY, S. A cycle of dependence: automobiles, accessibility, and the evolution of the transportation and retail hierarchies. **Berkeley Planning Journal**, v. 8, n. 1, p. 21-43, 1993.

HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 1-23, 1973.

HOLLING, C. S. Engineering resilience versus ecological resilience. **Engineering within Ecological Constraints**, n. 1996, p. 31-44, 1996.

HONG, J.; TAMAKLOE, R.; LEE, S.; PARK, D. Exploring the topological characteristics of complex public transportation networks: Focus on variations in both single and integrated systems in the Seoul metropolitan area. **Sustainability**, v. 11, p. 5404, 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acesso em 15 mar. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama – População estimada 2019**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em 01 abr. 2020.

JEEKEL, H. **The Car Dependent Society: A European Perspective (Transport and Society)**. Ashgate Publishing Group, 2013.

JIN, J. G.; TANG, L.C.; SUN, L.; LEE, D. H. Enhancing metro network resilience via localized integration with bus services. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 63, p. 17-30, 2014.

JONES, P. Conceptualising car ‘dependence’. In: *Auto Motives: Understanding Car Use Behaviours*. **Emerald Group Publishing Limited**, p. 39-61, 2011.

KRUMDIECK, S.; PAGE, S.; DANTAS, A. Urban form and long-term fuel supply decline: A method to investigate the peak oil risks to essential activities. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 44, n. 5, p. 306-322, 2010.

LEOBONS, C. M.; CAMPOS, V. B. G.; BANDEIRA, R. A. de M. Assessing urban transportation systems resilience: A proposal of indicators. **Transportation Research Procedia**, v. 37, p. 322-329, 2019.

LEUNG, A.; BURKE, M.; CUI, J. The tale of two (very different) cities - Mapping the urban transport oil vulnerability of Brisbane and Hong Kong. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 65, p. 796-816, 2018.

LINKOV, I.; BRIDGES, T.; CREUTZIG, F.; DECKER, J.; FOX-LENT, C.; KRÖGER, W.; LAMBERT, J. H.; LEVERMANN, A.; MONTREUIL, B.; NATHWANI, J.; NYER, R.; RENN, O.; SCHARTE, B.; SCHEFFLER, A.; SCHREURS, M.; THIEL-CLEMEN, T. Changing the resilience paradigm. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 6, p. 407-409, 2014.

MARTINS, M. C. M. **Uma estratégia para avaliação da resiliência na mobilidade urbana**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018

MARTINS, M. C. M.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Uma estratégia para avaliação da resiliência na mobilidade urbana. **Transportes**, v. 26, n. 3, p. 75-86, 2018.

MARTINS, M. C. M.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Estudo hipotético para avaliação preliminar da resiliência na mobilidade urbana. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 1, p. 209-219, 2019.

MARTINS, M. C. M.; RODRIGUES DA SILVA, A. N.; PINTO, N. An indicator-based methodology for assessing resilience in urban mobility. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 77, p. 352-363, 2019.

MATTIOLI, G.; PHILIPS, I.; ANABLE, J.; CHATTERTON, T. Vulnerability to motor fuel price increases: Socio-spatial patterns in England. **Journal of Transport Geography**, v. 78, p. 98-114, 2019.

MATTSSON, L.-G. e JENELIUS, E. Vulnerability and resilience of transport systems - A discussion of recent research. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 81, p. 16-34, 2015.

MEHMOOD, A. Of resilient places: planning for urban resilience. **European Planning Studies**, v. 24, n. 2, p. 407-419, 2016.

MORELLI, A. B.; CUNHA, A. L. Verificação de vulnerabilidades em redes de transporte: Uma abordagem pela teoria dos grafos. **Anais do XXXIII ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, 2019. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Planejamento%20Territorial%20do%20Transporte/Resili%C3%Aancia%20em%20Transportes/4_517_AC.pdf>. Acesso em 15 dez. 2019.

NELSON, J. D.; MULLEY, C. The impact of the application of new technology on public transport service provision and the passenger experience: A focus on implementation in Australia. **Research in Transportation Economics**, v. 39, p. 300-308, 2013.

PIMM, S. L. The complexity and stability of ecosystems. **Nature**, v. 307, n. 5949, p. 321-326, 1984.

REGGIANI, A.; NIJKAMP P.; LANZI, D. Transport resilience and vulnerability: The role of connectivity. **Transportation Research Part A**, v. 81, p. 4-15, 2015.

RENDALL, S.; PAGE, S. e KRUMDIECK, S. VOILA! A new measure of oil vulnerability for cities. In: **1st International e-Conference on Energies**, 2014. Disponível em: <<https://sciforum.net/paper/view/conference/2324>>. Acesso em 02 dez. 2018.

RIBEIRO, P. J. G.; PENA JARDIM GONÇALVES, L. A. Urban resilience: A conceptual framework. **Sustainable Cities and Society**, v. 50, p. 101625, 2019.

RODRIGUES DA SILVA, A. N. **Elaboração de um banco de dados de viagem para auxílio ao desenvolvimento de pesquisas na área de planejamento dos transportes**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Relatório FAPESP, Processo No 04/15843-4, São Carlos, 2008.

ROJAS LÓPEZ, M. C.; WONG, Y. D. Process and determinants of mobility decisions - A holistic and dynamic travel behaviour framework. **Travel Behaviour and Society**, v. 17, p. 120-129, 2019.

ROSE, A. Z. Economic Resilience to Disasters. **CARRI Report No. 8, Community and Resilience Institute**, 2009. Disponível em: <http://www.resilientus.org/library/Research_Report_8_Rose_1258138606.pdf>. Acesso em 20 nov. 2018.

ROSEN, P. Towards sustainable and democratic urban transport: constructivism, planning and policy. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 13, n. 1, p. 117-135, 2001.

SCHWANEN, T. Rethinking resilience as capacity to endure: Automobility and the city. **City**, v. 20, n.1, p. 152-160, 2016.

SEELIGER, L.; TUROK, I. Towards sustainable cities: Extending resilience with insights from vulnerability and transition theory. **Sustainability**, v. 5, n. 5, p. 2108-2128, 2013.

TA, C.; GOODCHILD, A. V.; PITERA, K. Structuring a definition of resilience for the freight transportation system. **Transportation Research Record**, n. 2097, p. 19-25, 2009.

TIGHT, M.; TIMMS, P.; BANISTER, D.; BOWMAKER, J.; COPAS, J.; DAY, A.; DRINKWATER, D.; GIVONI, M.; GÜHNEMANN, A.; LAWLER, M.; MACMILLEN, J.; MILES, A.; MOORE, N.; NEWTON, R.; NGODUY, D.; ORMEROD, M.; O'SULLIVAN, M.; WATLING, D. Visions for a walking and cycling focussed urban transport system. **Journal of Transport Geography**, v. 19, p. 1580-1589, 2011.

UN-HABITAT. **Urbanization and development: Emerging Futures - World Cities Report**. United Nations Human Settlements Programme, Nairobi, 2016. Disponível em: <www.unhabitat.org>. Acesso em: 28 nov. 2018.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development**. 2015. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

WALKER, B.; HOLLING, C. S.; CARPENTER, S. R.; KINZIG, A. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. **Ecology and Society**, v. 9, n. 2, 2004.

WALTON, D.; SUNSERI, S. Factors influencing the decision to drive or walk short distances to public transport facilities. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 4, n. 4, p. 212-226, 2010.

WIERSMA, J.; BERTOLINI, L.; STRAATEMEIER, T. How does the spatial context shape conditions for car dependency? An analysis of the differences between and within regions in the Netherlands. **The Journal of Transport and Land Use**, v. 9, n. 3, p. 35-55, 2016.

WIERSMA, J.; BERTOLINI, L.; STRAATEMEIER, T. Adapting spatial conditions to reduce car dependency in mid-sized 'post growth' European city regions: The case of South Limburg, Netherlands. **Transport Policy**, v. 55, p. 62-69, 2017.

ZHANG, X. Q. The trends, promises and challenges of urbanization in the world. **Habitat International**, v. 54, p. 241-252, 2016.

ZHAO, P. Sustainable urban expansion and transportation in a growing megacity: Consequences of urban sprawl for mobility on the urban fringe of Beijing. **Habitat International**, v. 34, n. 2, p. 236-243, 2010.

APÊNDICE A

Tabela A.1 - Matriz de viagens da Pesquisa de Origem e Destino da cidade de São Carlos-SP

Matriz de Origem e Destino - Distribuição do total de viagens																																											
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	Σ	
1	74	36	1	5	0	26	0	3	5	1	10	13	28	0	7	2	6	0	1	0	54	1	6	5	7	13	16	9	8	7	5	2	6	3	10	9	3	3	0	0	0	377	
2	6	36	1	2	0	21	0	0	8	2	6	6	8	0	0	2	7	1	0	0	37	1	10	2	2	9	4	4	3	9	0	3	2	3	1	0	1	0	0	0	0	197	
3	5	23	4	1	0	12	0	0	0	0	1	3	7	0	0	0	6	0	0	0	12	0	0	1	0	0	3	3	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	87		
4	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	3	0	1	0	0	0	41	0	10	3	0	0	0	2	1	2	0	1	0	1	0	0	9	0	0	0	0	90	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		
6	11	17	5	4	0	24	0	0	3	2	12	5	21	3	6	1	4	0	1	3	42	0	7	2	2	5	4	5	0	5	1	14	2	8	1	0	6	0	0	0	226		
7	5	1	0	6	0	1	17	29	34	0	0	6	11	0	2	0	2	0	0	1	34	6	8	2	0	2	17	8	2	2	1	5	1	1	2	0	6	0	1	2	0	215	
8	12	2	0	14	0	9	1	139	50	4	2	13	29	21	16	1	39	0	1	1	85	37	23	23	3	9	19	4	6	9	1	7	2	1	1	3	4	0	1	1	0	593	
9	11	1	0	6	0	3	9	14	75	3	10	15	19	5	17	2	32	1	0	1	59	10	20	5	2	14	13	6	1	2	7	8	4	0	1	2	2	0	1	2	0	383	
10	18	1	0	9	4	1	2	8	331	0	7	10	2	4	0	22	0	1	14	54	6	14	13	4	4	39	11	8	8	2	8	2	1	7	2	3	0	2	2	0	628		
11	7	5	0	9	0	12	0	0	4	3	13	8	20	1	5	3	3	0	1	0	30	2	9	3	1	5	7	9	0	5	2	12	0	1	4	0	0	0	0	5	0	189	
12	2	0	0	3	0	0	0	1	2	0	1	13	18	0	2	0	2	2	0	0	28	0	24	7	2	5	2	1	2	0	0	5	0	5	4	0	1	0	0	0	0	132	
13	2	0	0	1	0	2	0	0	0	2	2	5	35	0	10	1	2	0	4	1	27	3	15	1	0	2	2	4	0	2	0	10	0	1	1	2	2	0	0	0	0	139	
14	2	0	0	3	0	2	0	22	10	4	2	3	4	10	3	0	11	0	0	1	27	24	3	10	0	2	9	1	5	2	1	4	3	3	1	0	0	0	1	0	0	173	
15	1	0	0	3	0	1	0	0	0	1	4	3	0	10	0	13	0	0	2	5	1	1	1	1	0	3	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	
16	4	1	0	5	0	5	0	0	2	1	7	0	22	1	5	22	7	7	3	0	48	1	15	2	1	7	17	2	0	5	0	27	1	7	2	3	0	0	2	0	0	232	
17	1	0	0	3	1	1	2	2	18	0	1	1	12	2	16	1	33	4	0	2	45	15	13	5	1	6	13	5	1	11	0	8	0	3	0	1	1	0	1	0	0	229	
18	1	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	1	6	0	3	6	1	48	0	0	16	0	3	1	1	1	1	4	0	0	3	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	107	
19	0	2	0	1	0	2	2	0	0	0	2	15	0	3	6	0	5	2	0	0	15	0	12	1	2	6	3	5	4	5	0	25	0	3	4	0	0	0	1	0	0	128	
20	1	1	0	2	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	6	0	4	0	0	17	20	42	1	9	1	3	8	2	0	0	0	6	4	3	0	1	2	0	0	0	0	139	
21	4	1	1	7	0	1	1	2	1	2	0	5	25	3	3	4	8	1	2	0	48	3	18	10	3	4	5	9	10	1	0	13	0	1	1	1	6	0	0	1	0	205	
22	7	0	0	1	0	0	0	2	4	5	1	0	9	6	1	0	8	2	0	13	22	26	6	2	0	0	14	3	2	1	0	4	0	4	0	2	0	0	0	0	0	145	
23	3	1	0	1	0	2	0	1	2	2	1	2	27	1	3	0	1	0	1	0	19	1	9	0	0	3	2	4	7	3	0	9	0	0	4	0	1	0	0	0	0	110	
24	1	1	0	0	0	0	0	2	5	1	1	0	6	0	3	0	4	0	0	0	14	7	11	1	5	0	3	0	6	1	0	5	1	1	2	0	0	0	0	0	0	81	
25	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	10	0	3	0	2	8	0	0	0	0	0	18	0	0	3	0	0	0	0	0	0	50	
26	3	0	0	2	0	3	0	1	2	0	0	2	16	2	0	4	2	4	1	0	43	0	19	4	0	46	7	7	5	9	0	34	4	8	1	2	1	1	0	0	0	233	
27	2	1	0	3	0	0	1	0	0	2	2	4	4	0	1	0	2	0	0	0	21	0	3	0	2	3	24	5	1	0	0	5	2	0	0	0	2	0	0	0	0	90	
28	4	1	0	7	0	2	1	1	2	1	2	13	6	0	0	0	0	0	0	0	56	1	34	4	2	9	17	19	8	13	1	6	2	14	11	8	6	1	2	2	0	256	
29	1	0	0	4	0	1	0	3	2	0	0	0	6	0	1	0	8	0	1	0	18	1	18	15	0	2	15	8	34	2	0	4	7	0	3	0	16	0	0	1	0	171	
30	4	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	12	0	0	0	2	0	0	0	29	1	18	3	3	4	0	5	0	12	0	11	0	7	0	0	1	0	0	1	0	119	
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
32	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	11	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	
33	5	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	3	8	1	2	1	3	0	0	0	31	0	5	3	1	4	11	10	18	5	0	2	4	3	2	1	17	0	0	0	0	144	
34	11	5	0	2	0	6	0	0	9	6	1	3	16	0	0	1	7	2	0	0	57	5	26	7	4	51	12	14	3	16	1	11	0	47	24	1	3	0	4	1	0	356	
35	3	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	12	0	2	0	5	0	0	0	34	0	11	6	2	6	6	3	11	14	0	4	2	7	13	1	4	0	2	3	0	163	
36	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	2	2	6	0	0	2	0	2	6	0	0	0	0	0	29	
37	1	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	2	4	0	1	0	4	0	0	0	24	3	0	1	0	4	8	9	7	2	0	3	4	0	7	0	19	0	0	0	0	107	
38	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	2	0	0	2	3	0	1	0	27	0	7	0	1	6	2	1	2	3	0	1	3	15	9	0	0	0	0	0	90		
39	1	0	0	0	0	1	0	3	2	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	13	1	2	0	0	2	2	0	0	0	4	0	2	0	1	2	0	0	0	8	1	0	47
40	0	0	0	2	0	1	0	0	0	2	0	1	3	0	0	1	4	0	0	0	9	0	1	0	0	7	3	5	0	8	0	0	1	6	4	0	2	1	9	10	0	80	
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6821	
Σ	216	139	14	117	5	147	35	232	256	384	82	149	439	58	136	61	261	77	20	56	1169	198	386	153	55	253	312	185	156	179	20	288	59	166	127	40	118	3	36	33	1	6821	

Tabela A.2 - Matriz de viagens realizadas a pé da Pesquisa de Origem e Destino da cidade de São Carlos-SP

Matriz de Origem e Destino - Viagens realizadas a pé																																															
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	Σ					
1	51	22	1	0	0	11	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	93					
2	2	29	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54					
3	1	23	1	1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39					
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3					
6	3	16	4	2	0	20	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	64				
7	0	0	0	0	0	0	14	5	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56				
8	0	0	0	1	0	0	1	114	24	0	0	0	0	17	1	0	17	0	0	0	4	17	1	0	0	1	7	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	208				
9	0	0	0	0	0	1	6	11	59	0	1	8	0	5	6	1	21	0	0	0	5	4	0	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134				
10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	2	0	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	331				
11	1	5	0	4	0	11	0	0	0	0	12	4	3	0	0	0	0	0	1	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47					
12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	3	0	0	0	1	0	0	15	0	2	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	33					
13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	5	20	0	0	0	0	0	0	2	0	11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42				
14	0	0	0	0	0	0	0	20	6	0	1	0	0	10	3	0	5	0	0	0	0	18	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69				
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	6	0	13	0	0	2	2	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28				
16	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	5	0	2	0	0	17	0	0	3	0	9	0	0	0	1	1	6	0	0	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	56					
17	0	0	0	0	0	0	0	1	14	0	0	0	1	2	16	0	24	0	0	2	13	13	1	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	94					
18	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	45	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52						
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	5	0	0	2	0	3	1	0	1	0	3	0	2	3	2	0	0	0	0	8	0	2	2	0	0	0	0	0	0	36					
20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	10	1	34	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	56					
21	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	1	2	2	2	0	2	0	13	2	10	2	1	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51					
22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	0	3	0	0	12	5	19	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50					
23	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	17	0	3	0	0	0	0	0	5	0	5	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36					
24	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	10	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	19					
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	15						
26	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	1	1	0	7	0	4	0	0	40	0	3	0	0	15	0	5	0	0	0	1	0	0	0	82						
27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	18	4	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	37						
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	2	0	0	0	0	0	0	18	0	14	0	2	1	1	13	4	6	0	0	0	7	10	0	0	0	0	0	0	90						
29	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	0	0	9	0	2	6	2	28	0	0	0	4	0	0	0	8	0	0	0	0	67						
30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5	0	11	1	0	0	0	1	0	12	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	41						
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2						
33	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	13	0	3	0	0	0	4	2	9	0	0	0	0	0	1	0	13	0	0	0	0	47						
34	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	4	0	0	0	0	0	0	5	0	3	2	3	42	0	5	1	7	0	3	0	26	15	0	2	0	2	0	0	124						
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0	1	0	0	2	1	3	4	7	0	0	0	4	12	1	1	0	0	0	0	42						
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	6	0	0	0	0	10								
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	3	0	1	0	0	3	0	5	0	19	0	0	0	35							
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	8	2	0	0	0	0	0	0	13							
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	8							
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	5	8	0	18						
41																																															

Tabela A.3 - Matriz de viagens realizadas por bicicleta da Pesquisa de Origem e Destino da cidade de São Carlos-SP

Matriz de Origem e Destino - Viagens realizadas por bicicleta																																													
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	Σ			
1	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	9				
2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9				
3	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6				
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2				
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
6	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9				
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2				
8	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	6	0	1	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	21				
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9					
10	4	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	2	0	0	1	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	24				
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2					
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
14	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6				
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1					
16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8				
17	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7				
18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3					
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2					
20	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5					
21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3					
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6					
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3					
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	8						
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	7						
27	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6						
28	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6						
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3					
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4						
34	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	4	0	0	0	1	0	22					
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3							
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	9							
38	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4						
39	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3						
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0	0	2	1	10							
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
Σ	11	5	1	1	0	6	2	6	15	2	2	3	2	1	0	1	12	3	0	2	29	16	10	2	5	3	21	3	2	7	1	17	3	6	11	4	3	0	3	1	0	222			

Tabela A.4 - Matriz de viagens realizadas por transporte público da Pesquisa de Origem e Destino da cidade de São Carlos-SP

Matriz de Origem e Destino - Viagens realizadas por transporte público																																										
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	Σ
1	4	3	0	2	0	4	0	1	3	0	4	2	6	0	1	0	2	0	1	0	20	1	3	3	1	8	13	2	4	1	1	3	3	0	4	0	3	0	0	0	0	103
2	1	3	0	2	0	3	0	0	2	0	1	3	4	0	0	1	2	0	0	0	19	1	2	2	1	2	4	0	3	9	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	70
3	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	1	3	3	0	0	0	2	0	0	0	5	0	0	1	0	0	2	2	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	28
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	3	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	2	5	3	0	0	0	0	1	0	17	0	2	0	0	1	0	2	0	4	0	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	50
7	1	1	0	3	0	0	0	1	0	0	0	3	7	0	0	0	0	0	0	0	15	2	0	1	0	0	1	2	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
8	3	0	0	6	0	4	0	2	4	4	1	6	13	0	0	1	2	0	1	0	35	5	10	8	1	3	4	2	4	7	1	4	2	1	0	1	4	0	1	1	0	141
9	1	0	0	0	0	0	2	0	1	1	4	4	9	0	0	0	1	1	0	0	25	3	3	2	0	3	3	2	0	1	3	5	1	0	0	1	2	0	0	1	0	79
10	6	1	0	5	2	3	0	0	5	7	0	7	8	2	4	0	17	0	1	8	47	3	14	11	1	3	27	9	0	5	1	6	0	1	5	0	1	0	2	1	0	213
11	4	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	7	1	4	0	0	1	3	6	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	36
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	11
13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14
14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	0	0	0	2	0	0	0	13	0	3	2	0	1	0	1	3	2	0	3	1	1	1	0	0	0	1	0	0	42
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	16	0	3	2	0	1	6	0	0	3	0	3	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	46
17	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	13	0	2	0	0	2	2	3	0	4	0	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	43
18	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	6	0	0	2	0	1	0	0	10	0	1	1	0	0	2	0	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	32
19	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	14	3	1	5	1	3	1	2	0	0	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	42
21	3	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	1	2	0	0	0	0	23
22	3	0	0	1	0	0	0	0	2	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	8	4	3	1	0	0	3	0	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	36
23	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	17
24	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
26	3	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	2	0	0	0	25	0	6	3	0	2	3	4	2	0	0	2	2	0	1	1	0	0	0	0	63	
27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	1	0	0	0	7	0	3	0	1	3	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
28	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	2	0	2	0	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	1	1	0	0	23
29	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	1	0	1	0	6	0	0	1	0	0	1	2	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	22
30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14	
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
33	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	20
34	4	0	0	1	0	3	0	0	4	3	0	1	2	0	0	1	3	0	0	0	18	1	9	4	0	5	7	4	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	74
35	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	2	0	2	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	20
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
37	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	8	3	0	0	0	3	2	4	2	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	32
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	12	
39	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	14
40	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	15
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ	52	12	3	32	3	23	3	6	33	28	16	53	86	7	12	8	46	3	5	9	384	32	78	54	10	47	89	51	22	50	8	82	18	22	25	8	13	1	7	4	0	1445

Tabela A.5 - Matriz de viagens realizadas por automóvel da Pesquisa de Origem e Destino da cidade de São Carlos-SP

Matriz de Origem e Destino - Viagens realizadas por automóvel																																														
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	Σ				
1	18	9	0	2	0	10	0	2	2	1	5	8	22	0	6	2	4	0	0	0	31	0	3	2	6	3	3	7	3	4	1	3	0	8	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	172	
2	2	4	1	0	0	1	0	0	5	2	3	3	3	0	0	0	5	1	0	0	17	0	8	0	0	2	0	3	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14		
4	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	3	0	1	0	0	0	41	0	10	3	0	0	0	2	0	2	0	1	0	1	0	0	9	0	0	0	0	0	0	88		
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
6	4	0	0	1	0	3	0	0	1	1	2	3	16	0	6	1	2	0	0	3	24	0	4	2	2	4	4	2	0	0	1	8	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	103		
7	4	0	0	3	0	1	3	22	8	0	0	3	4	0	2	0	2	0	0	1	18	1	7	1	0	1	12	4	1	0	1	3	1	1	2	0	6	0	1	2	0	0	0	115		
8	9	2	0	7	0	5	0	23	19	0	1	7	16	4	15	0	18	0	0	1	44	9	12	14	0	5	4	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223		
9	10	1	0	6	0	2	1	3	14	2	5	3	10	0	11	1	8	0	0	1	29	1	16	1	2	7	9	3	1	1	4	3	3	0	1	0	0	0	1	1	0	0	161			
10	7	0	0	4	2	1	0	0	2	10	0	0	1	0	0	0	3	0	0	3	4	1	0	2	0	1	4	2	2	3	0	2	2	0	2	1	0	0	0	1	0	0	60			
11	2	0	0	4	0	0	0	0	4	2	1	4	15	1	5	3	3	0	0	0	18	1	4	3	0	4	4	2	0	5	2	8	0	1	3	0	0	0	0	0	5	0	0	104		
12	2	0	0	3	0	0	0	0	1	0	1	7	15	0	1	0	1	2	0	0	12	0	22	3	2	5	2	1	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88		
13	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	14	0	10	1	1	0	4	1	19	2	4	1	0	2	1	4	0	2	0	8	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	83			
14	1	0	0	3	0	2	0	0	3	4	0	0	1	0	0	0	3	0	0	1	13	6	0	6	0	1	4	0	2	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56		
15	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	1	0	3	0	4	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19		
16	1	1	0	4	0	2	0	0	1	0	2	0	19	1	5	4	7	6	0	0	22	1	11	0	0	5	4	2	0	2	0	14	1	4	0	1	0	0	2	0	0	0	122			
17	1	0	0	0	0	0	2	1	2	0	1	1	7	0	0	0	9	4	0	0	19	0	10	4	1	1	7	2	1	6	0	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	85			
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	0	0	6	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	20			
19	0	0	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0	10	0	2	4	0	2	1	0	14	0	7	1	0	3	0	5	4	4	0	15	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	80			
20	0	1	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	5	5	4	0	4	0	0	3	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	36		
21	0	1	1	7	0	1	0	0	1	0	0	5	21	2	0	2	4	0	0	0	27	1	8	8	2	3	4	8	5	1	0	10	0	1	0	0	4	0	0	1	0	0	128			
22	4	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	7	1	1	0	5	0	0	9	2	3	1	0	0	6	3	0	1	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	53			
23	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	9	0	0	0	1	0	1	0	11	0	4	0	0	1	1	4	6	3	0	4	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	54		
24	0	1	0	0	0	0	0	1	3	0	1	0	4	0	1	0	4	0	0	4	4	10	1	5	0	0	0	6	1	0	4	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53		
25	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17		
26	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	14	0	0	1	0	3	0	0	11	0	7	1	0	4	4	3	0	8	0	14	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	81			
27	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	22		
28	3	0	0	6	0	2	0	1	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	34	0	18	2	0	6	15	5	3	6	0	4	1	7	1	8	5	0	2	2	0	0	0	137			
29	0	0	0	2	0	1	0	3	2	0	0	0	3	0	0	0	6	0	0	6	1	18	5	0	0	8	4	5	2	0	3	2	0	2	0	8	0	0	1	0	0	0	82			
30	0	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	9	0	0	0	2	0	0	0	18	0	6	0	3	2	0	4	0	0	0	9	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	61		
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
32	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16		
33	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	7	0	2	1	0	0	0	0	13	0	1	2	0	3	6	7	8	5	0	1	2	2	1	1	3	0	0	0	0	0	0	73		
34	7	4	0	1	0	2	0	0	3	1	1	0	9	0	0	0	4	2	0	0	32	4	10	1	1	3	5	5	1	7	1	3	0	20	5	1	1	0	1	1	0	0	136			
35	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	4	11	0	2	0	4	0	0	25	0	8	6	0	4	3	0	7	6	0	3	2	1	1	0	3	0	0	3	0	0	0	98			
36	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	16			
37	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	9	0	0	0	0	1	4	2	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31		
38	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	2	3	0	1	0	20	0	7	0	1	4	0	0	2	1	0	0	2	7	6	0	0	0	0	0	0	0	61			
39	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0</																												

Tabela A.6 - Matriz das distâncias, em quilômetros, entre os centroides das zonas de tráfego da cidade de São Carlos-SP

Distâncias entre centroides das zonas (km)																																									
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
1	0,00	2,29	3,37	4,88	10,31	3,32	7,02	7,83	6,45	11,60	3,60	6,17	4,54	8,14	6,62	4,62	7,24	6,37	4,73	9,36	6,08	8,39	5,43	7,27	5,78	6,00	8,60	7,28	7,58	6,30	11,66	7,27	8,48	7,45	8,03	10,15	9,29	8,12	9,89	11,66	11,73
2	2,29	0,00	1,17	2,69	8,11	1,23	4,83	5,63	4,25	9,47	2,17	4,36	3,00	5,94	4,69	3,20	5,40	4,94	3,28	7,24	4,53	6,54	3,89	5,72	4,36	4,56	7,06	5,74	6,03	4,75	10,11	5,85	6,94	5,98	6,48	8,61	7,74	6,66	8,43	10,19	10,18
3	3,37	1,17	0,00	1,56	6,99	1,10	3,71	4,51	3,14	8,36	2,42	3,24	2,58	4,82	3,57	3,44	4,28	5,18	3,52	6,12	4,06	5,42	3,80	5,20	4,60	4,80	6,50	5,26	5,56	4,59	9,09	6,09	6,46	6,20	6,01	8,10	7,27	6,51	8,32	10,05	9,68
4	4,88	2,69	1,56	0,00	5,80	1,66	2,52	3,32	1,94	7,16	3,01	2,15	2,39	3,63	2,38	4,03	3,09	5,78	3,75	4,93	2,96	4,23	3,30	4,01	4,99	4,94	5,31	4,17	4,40	4,08	7,90	6,57	5,36	5,69	4,91	6,91	6,17	5,81	7,62	9,34	8,49
5	10,31	8,11	6,99	5,80	0,00	7,08	3,64	3,10	4,01	2,40	8,26	5,71	6,98	4,55	4,79	8,82	4,70	10,34	8,30	4,05	5,92	4,79	7,23	5,54	9,25	8,93	5,80	7,10	6,44	8,00	5,75	10,75	6,95	9,58	8,05	8,00	7,87	9,43	11,24	12,97	9,21
6	3,32	1,23	1,10	1,66	7,08	0,00	3,80	4,60	3,22	8,45	1,38	3,33	1,82	4,91	3,66	2,40	4,37	4,15	2,49	6,21	3,42	5,51	3,04	4,61	3,56	3,76	5,94	4,62	4,92	3,83	9,00	5,05	5,82	5,19	5,37	7,49	6,63	5,75	7,56	9,29	9,07
7	7,02	4,83	3,71	2,52	3,64	3,80	0,00	1,26	1,45	5,75	5,04	2,45	3,83	2,32	2,16	5,59	2,45	7,22	5,18	3,84	3,16	3,26	4,46	3,29	6,43	6,16	4,34	4,34	4,18	5,24	6,93	7,98	4,93	6,83	5,29	6,11	5,95	6,68	8,49	10,21	7,72
8	7,83	5,63	4,51	3,32	3,10	4,60	1,26	0,00	1,53	5,21	5,78	3,22	4,49	1,50	2,30	6,33	1,79	7,78	5,82	3,01	3,35	2,46	4,60	2,59	6,62	6,30	3,57	4,43	3,49	5,37	6,13	8,12	4,17	6,95	5,42	5,34	5,19	6,80	8,61	10,34	6,96
9	6,45	4,25	3,14	1,94	4,01	3,22	1,45	1,53	0,00	5,32	4,28	1,73	2,99	1,79	0,80	4,84	1,31	6,36	4,32	3,09	1,94	2,35	3,25	2,35	5,27	4,95	3,43	3,12	3,01	4,01	6,03	6,76	4,02	5,60	4,07	5,20	4,95	5,45	7,26	8,99	6,81
10	11,60	9,47	8,36	7,16	2,40	8,45	5,75	5,21	5,32	0,00	8,61	6,36	7,32	4,12	5,45	9,05	4,64	9,96	8,33	2,76	5,72	3,50	6,76	4,62	8,78	8,46	4,51	6,48	5,60	7,52	3,58	10,28	5,66	9,01	7,36	6,71	6,58	8,74	10,55	12,27	7,03
11	3,60	2,17	2,42	3,01	8,26	1,38	5,04	5,78	4,28	8,61	0,00	3,19	1,56	5,80	3,63	1,04	4,25	2,79	1,31	6,38	3,09	5,40	2,33	4,28	2,21	2,59	5,61	4,30	4,59	3,20	8,67	3,70	5,50	4,05	5,04	7,17	6,30	4,89	6,50	8,42	8,74
12	6,17	4,36	3,24	2,15	5,71	3,33	2,45	3,22	1,73	6,36	3,19	0,00	1,90	3,40	1,07	3,74	1,82	5,26	3,23	4,13	1,17	3,15	2,16	2,36	4,18	3,86	3,69	2,38	2,67	2,93	6,70	5,68	3,58	4,53	3,15	5,24	4,38	4,38	6,19	7,92	6,82
13	4,54	3,00	2,58	2,39	6,98	1,82	3,83	4,49	2,99	7,32	1,56	1,90	0,00	4,51	2,34	2,11	2,96	3,73	1,69	5,09	1,81	4,11	1,27	3,00	2,92	2,60	4,33	3,01	3,31	2,14	7,39	4,42	4,21	3,67	3,75	5,88	5,01	4,13	5,95	7,67	7,46
14	8,14	5,94	4,82	3,63	4,55	4,91	2,32	1,50	1,79	4,12	5,80	3,40	4,51	0,00	2,48	6,25	1,71	7,15	5,52	1,88	2,92	1,35	3,95	1,81	5,97	5,65	2,61	3,69	2,79	4,71	5,16	7,47	3,21	6,22	4,67	4,38	4,23	6,06	7,87	9,60	6,00
15	6,62	4,69	3,57	2,38	4,79	3,66	2,16	2,30	0,80	5,45	3,63	1,07	2,34	2,48	0,00	4,19	0,86	5,71	3,67	3,21	1,29	2,25	2,60	1,84	4,62	4,30	3,09	2,47	2,37	3,36	5,87	6,12	3,38	4,95	3,42	4,84	4,30	4,80	6,61	8,34	6,45
16	4,62	3,20	3,44	4,03	8,82	2,40	5,59	6,33	4,84	9,05	1,04	3,74	2,11	6,25	4,19	0,00	4,80	1,80	0,83	6,82	3,48	5,84	2,33	4,58	1,27	2,19	5,96	4,41	4,75	3,09	9,11	2,76	5,64	3,51	5,01	7,37	6,45	4,74	5,61	7,74	8,95
17	7,24	5,40	4,28	3,09	4,70	4,37	2,45	1,79	1,31	4,64	4,25	1,82	2,96	1,71	0,86	4,80	0,00	6,23	4,29	2,41	1,81	1,44	3,05	1,04	5,07	4,75	2,29	2,89	1,94	3,82	5,07	6,57	2,80	5,41	3,87	4,05	3,89	5,25	7,06	8,79	5,66
18	6,37	4,94	5,18	5,78	10,34	4,15	7,22	7,78	6,36	9,96	2,79	5,26	3,73	7,15	5,71	1,80	6,23	0,00	2,25	7,73	4,51	6,75	3,23	5,61	2,02	3,04	6,87	5,32	5,66	4,00	10,01	2,99	6,55	3,97	5,84	8,27	7,35	5,20	5,91	8,04	9,76
19	4,73	3,28	3,52	3,75	8,30	2,49	5,18	5,82	4,32	8,33	1,31	3,23	1,69	5,52	3,67	0,83	4,29	2,25	0,00	6,10	2,75	5,12	1,62	3,85	1,44	1,49	5,26	3,71	4,05	2,39	8,40	2,98	4,94	2,94	4,31	6,67	5,75	4,03	5,46	7,56	8,25
20	9,36	7,24	6,12	4,93	4,05	6,21	3,84	3,01	3,09	2,76	6,38	4,13	5,09	1,88	3,21	6,82	2,41	7,73	6,10	0,00	3,49	1,15	4,52	2,39	6,54	6,22	2,08	4,05	3,36	5,28	3,97	8,04	3,22	6,58	4,93	4,28	4,15	6,31	8,12	9,84	5,89
21	6,08	4,53	4,06	2,96	5,92	3,42	3,16	3,35	1,94	5,72	3,09	1,17	1,81	2,92	1,29	3,48	1,81	4,51	2,75	3,49	0,00	2,51	1,33	1,24	3,35	3,03	2,71	1,22	1,52	2,11	5,79	4,85	2,42	3,70	2,16	4,11	3,23	3,54	5,35	7,08	5,69
22	8,39	6,54	5,42	4,23	4,79	5,51	3,26	2,46	2,35	3,50	5,40	3,15	4,11	1,35	2,25	5,84	1,44	6,75	5,12	1,15	2,51	0,00	3,55	1,41	5,57	5,25	1,33	3,29	2,39	4,30	3,87	7,07	2,48	5,81	4,18	3,53	3,40	5,56	7,37	9,09	5,14
23	5,43	3,89	3,80	3,30	7,23	3,04	4,46	4,60	3,25	6,76	2,33	2,16	1,27	3,95	2,60	2,33	3,05	3,23	1,62	4,52	1,33	3,55	0,00	2,43	2,05	1,73	3,69	2,20	2,50	0,89	6,81	3,55	3,40	2,75	2,83	5,10	4,21	3,17	4,98	6,70	6,67
24	7,27	5,72	5,20	4,01	5,54	4,61	3,29	2,59	2,35	4,62	4,28	2,36	3,00	1,81	1,84	4,58	1,04	5,61	3,85	2,39	1,24	1,41	2,43	0,00	4,45	4,13	1,63	2,27	1,32	3,20	4,68	5,95	2,01	4,79	3,25	3,38	3,10	4,63	6,44	8,17	4,97
25	5,78	4,36	4,60	4,99	9,25	3,56	6,43	6,62	5,27	8,78	2,21	4,18	2,92	5,97	4,62	1,27	5,07	2,02	1,44	6,54	3,35	5,57	2,05	4,45	0,00	1,20	5,41	3,60	4,18	2,35	8,73	1,59	4,99	2,41	3,99	6,71	5,50	3,65	4,44	6,57	8,13
26	6,00	4,56	4,80	4,94	8,93	3,76	6,16	6,30	4,95	8,46	2,59	3,86	2,60	5,65	4,30	2,19	4,75	3,04	1,49	6,22	3,03	5,25	1,73	4,13	1,20	0,00	4,68	2,71	3,53	1,51	8,08	2,69	4,10	1,56	3,10	5,82	4,61	2,76	4,07	6,18	7,24
27	8,60	7,06	6,50	5,31	5,80	5,94	4,34	3,57	3,43	4,51	5,61	3,69	4,33	2,61	3,09	5,96	2,29	6,87	5,26	2,08	2,71	1,33	3,69	1,63	5,41	4,68	0,00	2,03	1,57	3,39	3,68	6,88	1,20	4,56	2,90	2,25	2,12	4,28	6,09	7,82	3,87
28	7,28	5,74	5,26	4,17	7,10	4,62	4,34	4,43	3,12	6,48	4,30	2,38	3,01	3,69	2,47	4,41	2,89	5,32	3,71	4,05	1,22																				

Tabela A.7 - Descrição das linhas de transporte público e as respectivas classificações na ordem de prioridade, analisadas para da cidade de São Carlos-SP

ID	Prioridade	Código	Descrição	Característica
1	1	3969	Santa Felícia x Cidade Aracy - Via Centro Comunitário	Regular
2	2	1111	Circular	Circular
3	3	5476	Maria Stella Faga x Santa Felícia - Via Vila Nery / Santa Casa	Regular
4	4	4551A	São Carlos x Posto Castelo - Itinerário A	Regular
5	5	0357	Castelo Branco x UFSCar (Área Sul) - Via Vila Monteiro	Regular
6	6	5672	Jardim São Rafael x Santa Casa - Via Praça Itália / Shopping	Regular
7	7	4366	Jockey Club x Shopping Iguatemi	Regular
8	8	1753	Jardim Maracanã x Vila Nery - Vila Bela Vista	Regular
9	9	1978	UFSCar (Área Norte) x Redenção - Via Botafogo	Regular
10	10	4765	Santa Felícia x Jardim Dona Francisca - Via Cardinalli	Regular
11	11	4551B	São Carlos x Posto Castelo - Itinerário B	Regular
12	12	5367	Jockey Club x Maria Stella Faga	Regular
13	13	0875	Vila Nery (Maria Stella Faga) x SESI - Via Rua Larga	Regular
14	14	4069	Santa Felícia x Antenor Garcia - Via Rodoviária	Regular
15	15	4656	Jardim Novo Horizonte x Santa Felícia	Regular
16	16	2858	Castelo Branco x Redenção	Regular
17	17	3568	Jockey Club x Centro Comunitário	Regular
18	18	1638	Vila Nery x Redenção (Jardim Beatriz) - Via Boa Vista	Regular
19	19	4256	Azulville x Shopping Iguatemi	Regular
20	20	0637	Vila Marcelino x Vila São José	Regular
21	21	1578	UFSCar (Área Sul) x Bela Vista - Via Aeroporto	Regular
22	22	1839	Vila São José x Cidade Aracy II - Via Praça Itália	Regular
23	23	3178	Maria Stella Faga x Jardim Medeiros	Regular
24	24	2076	Maria Stella Faga x Shopping Iguatemi	Regular
25	25	4968	Santa Felícia x Shopping - Jardim Medeiros	Regular
26	26	3269	Jardim Paulistano x Jardim Cruzeiro do Sul	Regular
27	27	3379	Vila Jacobucci x Jardim Cruzeiro do Sul	Regular
28	28	3479	Jardim São Rafael x Volkswagen	Regular
29	-	0187	Pacaembu x UFSCar (Área Sul) - Via Bela Vista	Regular
30	-	0274	UFSCar (Área Norte) x Vila Prado - Via Praça Itália	Regular
31	-	0478	Vila São José x Redenção - Via Praça Itália	Regular
32	-	0587	Redenção x Vila São José - Via Boa Vista	Regular
33	-	0775	Vila Nery (Maria Stella Faga) x SESI - Via Praça Itália	Regular
34	-	0938	Vila Nery x Pacaembu - Via Bela Vista	Regular
35	-	1047	Vila Prado x Vila Nery (Parque Primavera, Jardim Munique)	Regular
36	-	1256	Vila Izabel x Santa Paula - Via Bela Vista	Regular
37	-	1356	Maria Stella Faga x Romeu Tortorelli	Regular
38	-	1486	Redenção x Santa Paula - Via Bela Vista	Regular

Continua

ID	Prioridade	Código	Descrição	Característica
39	-	2129	Santa Casa (USP) x Jardim Cruzeiro do Sul	Regular
40	-	2297	Jardim Cruzeiro do Sul x Vila São José	Regular
41	-	2346	Bela Vista x Santa Felícia (Conjunto Roma)	Regular
42	-	2452	Azulville x Santa Casa (USP)	Regular
43	-	2557	Sesi x Santa Maria	Regular
44	-	2668	Jardim Paulistano x Centro Comunitário	Regular
45	-	2769	Santa Felícia x Antenor Garcia - Via Santa Casa	Regular
46	-	3086	Redenção x Jockey Club	Regular
47	-	3665	Jardim Paulistano x Jardim Maracanã	Regular
48	-	3778	Vila Jacobucci x Jardim Beatriz	Regular
49	-	3869	Santa Felícia x Jardim Gonzaga - Via Rodoviária	Regular
50	-	4169	Santa Felícia x Cidade Aracy - Via Bela Vista	Regular
51	-	4471	São Carlos x Água Vermelha	Regular
52	-	5168	Jockey Club x Botafogo	Regular
53	-	5271	São Carlos x Santa Eudóxia - Via Água Vermelha	Regular
54	-	5596	Antenor Garcia x Santa Felícia - Via Shopping	Regular

Figura A.1 - Trajeto linha de ônibus 3969, da cidade de São Carlos

Figura A.2 - Trajeto linha de ônibus 1111, da cidade de São Carlos

Figura A.3 - Trajeto linha de ônibus 5476, da cidade de São Carlos **Figura A.4** - Trajeto linha de ônibus 4551A, da cidade de São Carlos

APÊNDICE B

Tabela B.1 - Matriz de viagens da Pesquisa de Origem e Destino da Região Metropolitana de Maceió-AL

[illegible]

Matriz de Origem e Destino - Viagens realizadas a pé																																																																																				
OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	55	56	57	58	59	60	61	62	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	81	84	85	86	87	88	89	Σ

[illegible]

Tabela B.3 - Matriz de viagens realizadas por bicicleta da Pesquisa de Origem e Destino da Região Metropolitana de Maceió-AL

[illegible]

Tabela B.5 - Matriz de viagens realizadas por transporte individual da Pesquisa de Origem e Destino da Região Metropolitana de Maceió-AL

[illegible]

Tabela B.7 - Descrição das linhas de transporte público e as respectivas classificações na ordem de prioridade, analisadas para a Região Metropolitana de Maceió-AL

ID	Prioridade	Código	Descrição	Característica
1	1	0201	Circular I	Circular
2	2	0072	Gama Lins / Colina / Pta. Verde	Regular
3	3	0052	Forene / Centro / Cambuci / Sta Lucia / T. Rodoviário	Regular
4	4	0017	São Jorge / Centro / Pta Verde / Iguatemi	Regular
5	5	0706	Eustáquio Gomes / Ponta Verde	Regular
6	6	0703	Benedito Bentes / Ponta Verde	Regular
7	7	0057	Rio Novo / Centro / Via Colina	Regular
8	8	0603	Vergel / Mirante	Regular
9	9	0048	Benedito Bentes / Centro / Jacintinho	Regular
10	10	0102	João Sampaio / Trapiche / Bebedouro	Regular
11	11	0604	UFAL / Ipioca	Regular
12	12	802V	Colina Dos Eucaliptos / B. Bentes*	Circular
13	13	0906	Pontal / Cidade Universitária / Vergel	Regular
14	14	0710	Chã da Jaqueira / Ponta Verde / Boa Vista	Regular
15	15	0110	G. Ramos (Village) / Trapiche / Terminal Rodoviário	Regular
16	16	0066	Santo Amaro / Centro / Pitanguinha / Mercado	Regular
17	17	0202	Circular II	Circular
18	19	0711	Cidade Universitária / Ponta Verde / Iguatemi	Regular
19	20	0230	Forene / Trapiche / Eustáquio Gomes/ Poço	Regular
20	21	022V	São Jorge / Centro / Grut. / Jac. Via Al. Indio*	Circular
21	22	0707	Graciliano Ramos / Ponta Verde	Regular
22	23	223V	Ipioca / Mercado E Pta.Verde*	Circular
23	24	0713	Joaquim Leão Ponta Verde	Regular
24	25	0042	Ben. Bentes / Centro / Salvador Lira	Regular
25	26	0107	Cruz das Almas / Trapiche	Regular
26	27	0013	Cruz das Almas / Centro / Av. Rotary	Regular
27	28	0059	Rio Novo / Centro / Bebedouro	Regular
28	29	0217	Benedito Bentes / Mercado / Feitosa	Regular
29	30	0704	Benedito Bentes / Ponta Verde / Farol	Regular
30	31	0903	Benedito Bentes / G. Ramos / Village / S. D./ UFAL	Regular
31	32	022I	São Jorge / Centro / Grut. / Jac. Via Al. Indio*	Circular
32	33	0030	Novo Mundo / Ouro Preto / Rotary / Centro	Regular
33	34	0051	Santos Dumont / Centro / Poço	Regular
34	35	0104	Benedito Bentes / Trapiche / Jacintinho	Regular
35	36	0055	Chã Nova / Centro / Bebedouro	Regular
36	37	0214	Henrique Equelman / Vergel	Regular
37	38	0607	Eustáquio Gomes / Iguatemi	Regular
38	39	0024	Sanatório / Centro / Rotary	Regular

Continua

ID	Prioridade	Código	Descrição	Característica
39	40	0032	Novo Mundo / Centro	Regular
40	41	204I	José da Silva Peixoto/ Joaquim Leão*	Circular
41	42	223I	Ipioca / Mercado E Pta. Verde*	Circular
42	43	0602	S. Lira / Iguat. / Via D. Leão / Cleto / P. Verde	Regular
43	44	0605	Pontal / Iguatemi / Via Praias	Regular
44	-	0012	Conj. José S. Peixoto / Centro / Pitanguinha	Regular
45	-	0025	Sanatório / Centro	Regular
46	-	0027	Vila Saem / Centro	Regular
47	-	0033	José Tenorio / Centro / Rotary	Regular
48	-	0035	Ouro Preto / Centro / Terminal Rodoviário	Regular
49	-	0036	Dubeaux Leão / Centro	Regular
50	-	0037	Salvador Lira / Centro	Regular
51	-	0039	Cleto Marques Luz / Centro	Regular
52	-	0041	Feitosa / Centro / Farol	Regular
53	-	0046	Village Campestre II / Centro	Regular
54	-	0049	Eustáquio Gomes / Centro	Regular
55	-	0053	Graciliano Ramos / Centro / Farol	Regular
56	-	0056	João Sampaio I / Centro / Farol	Regular
57	-	0058	Fernão Velho / Centro / B. Gonzaga	Regular
58	-	0060	Chã de Jaqueira / Centro	Regular
59	-	0064	Rosane Collor / Centro (Bebedouro)	Regular
60	-	0065	Rosane Collor / Centro (Farol)	Regular
61	-	0069	Clima Bom / Centro / Farol	Regular
62	-	0070	Osman Loureiro / Centro (Farol)	Regular
63	-	0071	Osman Loureiro / Centro (Bebedouro)	Regular
64	-	0103	Mirante / Trapiche	Regular
65	-	0105	Jardim Petrópolis / Trapiche / Farol	Regular
66	-	0108	Clima Bom / Trapiche / Bebedouro	Regular
67	-	204V	José da Silva Peixoto/ Joaquim Leão*	Circular
68	-	0208	Jacarecica / Bela Vista / Vergel / V. Cruz das Almas	Regular
69	-	0210	Ponta Verde / Vergel / St Eduardo	Regular
70	-	0213	Ponta Verde / Vergel / Avenida	Regular
71	-	0216	Piabas / Mercado / Jacintinho	Regular
72	-	0221	Saúde / Mercado	Regular
73	-	0224	Pescaria / Mercado	Regular
74	-	0407	Trapiche / Hosp. dos Usineiros	Regular
75	-	0500	Pontal / Term. Rodoviário/ Vergel / Shopp.	Regular
76	-	0503	Joaquim Leão Feitosa	Regular
77	-	0600	São Jorge / Trapiche / T.C. Norte / Rod. / Feitosa	Regular
78	-	0606	José Tenório / Iguatemi / St Eduardo	Regular

Continua

ID	Prioridade	Código	Descrição	Característica
79	-	0608	Gruta / Iguatemi / Ter. Novo Mundo / O. Preto	Regular
80	-	0609	Vila Saem / Iguatemi/ Via Pinheiro	Regular
81	-	0611	Vergel / Jatiuca (Terminal Promorar I)	Regular
82	-	0700	Sanatório / Rotary / Ponta Verde	Regular
83	-	0708	Cruz das Almas / Pta Verde / Terminal Rodoviário	Regular
84	-	0709	Chã da Jaqueira / Ponta Verde / Mutirao	Regular
85	-	0712	Forene / Ponta Verde	Regular
86	-	0715	Colina dos Eucalip. / Ponta Verde / M. Net.	Regular
87	-	0716	Clima Bom / Pta.Verde / Iguatemi / V. Farol	Regular
88	-	802I	Colina Dos Eucaliptos / B. Bentes*	Circular
89	-	0803	Alim. / Joao Sampaio / Moc. / Terminal Benedito Bentes	Regular
90	-	0804	Conj. Cidade Sorriso I / Terminal Benedito Bentes	Regular
91	-	0805	Guaxuma / Terminal Do Benedito Bentes	Regular
92	-	806I	Benedito Bentes / C. Dos Eucalip*	Circular
93	-	806V	Benedito Bentes / C. Dos Eucalip*	Circular
94	-	0808	Cachoeira do Meirim / Terminal Benedito Bentes	Regular
95	-	0809	Selma Bandeira / Terminal Benedito Bentes	Regular
96	-	0812	Pqe das Americas / C. Carminha / Terminal Benedito Bentes	Regular
97	-	CBTU	Estação Central - Estação Lourenço de Albuquerque	VLT

*Linhas de ônibus para as quais os percursos de ida e de volta foram separados devido às suas características.

Figura B.1 - Trajeto linha de ônibus 0201, da RMM **Figura B.2** - Trajeto linha de ônibus 0072, da RMM

Figura B.3 - Trajeto linha de ônibus 0052, da RMM

Figura B.4 - Trajeto linha de ônibus 0017, da RMM

Figura B.5 - Trajeto linha de ônibus 0706, da RMM

Figura B.6 - Trajeto linha de ônibus 0703, da RMM

Figura B.7 - Trajeto linha de ônibus 0057, da RMM

Figura B.8 - Trajeto linha de VLT, da RMM

APÊNDICE C

Tabela C - Resiliência na mobilidade urbana, em porcentagem, obtida para cada cenário avaliado (composto pela combinação entre CA e CP), para São Carlos e para a RMM

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
1	0	40%	43%
1	1	62%	60%
1	2	73%	67%
1	3	77%	72%
1	4	80%	75%
1	5	83%	77%
1	6	85%	79%
1	7	87%	80%
1	8	88%	81%
1	9	89%	82%
1	10	90%	83%
1	11	90%	85%
1	12	91%	85%
1	13	91%	86%
1	14	92%	87%
1	15	92%	88%
1	16	93%	88%
1	17	93%	89%
1	18	93%	89%
1	19	93%	90%
1	20	94%	90%
1	21	94%	91%
1	22	94%	91%
1	23	94%	91%
1	24	94%	91%
1	25	94%	92%
1	26	94%	92%
1	27	94%	92%
1	28	94%	92%
1	29	-	92%
1	30	-	92%
1	31	-	92%
1	32	-	92%
1	33	-	92%
1	34	-	92%
1	35	-	93%
1	36	-	93%
1	37	-	93%
1	38	-	93%
1	39	-	93%
1	40	-	93%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
1	41	-	93%
1	42	-	93%
1	43	-	93%
1	44	-	93%
2	0	45%	45%
2	1	65%	61%
2	2	74%	68%
2	3	78%	72%
2	4	81%	75%
2	5	83%	77%
2	6	85%	79%
2	7	87%	80%
2	8	88%	81%
2	9	89%	83%
2	10	90%	84%
2	11	90%	85%
2	12	91%	86%
2	13	92%	86%
2	14	92%	87%
2	15	92%	88%
2	16	93%	88%
2	17	93%	89%
2	18	93%	89%
2	19	93%	90%
2	20	94%	90%
2	21	94%	91%
2	22	94%	91%
2	23	94%	91%
2	24	94%	91%
2	25	94%	92%
2	26	94%	92%
2	27	94%	92%
2	28	94%	92%
2	29	-	92%
2	30	-	92%
2	31	-	92%
2	32	-	92%
2	33	-	92%
2	34	-	92%
2	35	-	93%
2	36	-	93%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
2	37	-	93%
2	38	-	93%
2	39	-	93%
2	40	-	93%
2	41	-	93%
2	42	-	93%
2	43	-	93%
2	44	-	93%
3	0	58%	52%
3	1	72%	64%
3	2	78%	70%
3	3	81%	74%
3	4	84%	76%
3	5	86%	78%
3	6	87%	80%
3	7	89%	81%
3	8	89%	82%
3	9	90%	83%
3	10	91%	84%
3	11	91%	85%
3	12	92%	86%
3	13	92%	87%
3	14	93%	88%
3	15	93%	88%
3	16	93%	89%
3	17	94%	89%
3	18	94%	90%
3	19	94%	90%
3	20	94%	90%
3	21	94%	91%
3	22	94%	91%
3	23	94%	91%
3	24	94%	91%
3	25	94%	92%
3	26	94%	92%
3	27	94%	92%
3	28	95%	92%
3	29	-	92%
3	30	-	92%
3	31	-	92%
3	32	-	92%
3	33	-	92%
3	34	-	93%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
3	35	-	93%
3	36	-	93%
3	37	-	93%
3	38	-	93%
3	39	-	93%
3	40	-	93%
3	41	-	93%
3	42	-	93%
3	43	-	93%
3	44	-	93%
4	0	73%	58%
4	1	81%	67%
4	2	85%	73%
4	3	87%	76%
4	4	88%	78%
4	5	89%	80%
4	6	90%	81%
4	7	90%	82%
4	8	91%	83%
4	9	92%	84%
4	10	92%	85%
4	11	93%	86%
4	12	93%	87%
4	13	93%	87%
4	14	93%	88%
4	15	94%	89%
4	16	94%	89%
4	17	94%	90%
4	18	95%	90%
4	19	95%	90%
4	20	95%	91%
4	21	95%	91%
4	22	95%	91%
4	23	95%	92%
4	24	95%	92%
4	25	95%	92%
4	26	95%	92%
4	27	95%	92%
4	28	95%	92%
4	29	-	92%
4	30	-	93%
4	31	-	93%
4	32	-	93%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
4	33	-	93%
4	34	-	93%
4	35	-	93%
4	36	-	93%
4	37	-	93%
4	38	-	93%
4	39	-	93%
4	40	-	93%
4	41	-	93%
4	42	-	93%
4	43	-	93%
4	44	-	93%
5	0	81%	66%
5	1	87%	72%
5	2	88%	76%
5	3	90%	79%
5	4	91%	80%
5	5	92%	82%
5	6	93%	83%
5	7	93%	84%
5	8	93%	85%
5	9	94%	86%
5	10	94%	87%
5	11	95%	87%
5	12	95%	88%
5	13	95%	89%
5	14	95%	89%
5	15	96%	90%
5	16	96%	90%
5	17	96%	90%
5	18	96%	91%
5	19	96%	91%
5	20	96%	92%
5	21	96%	92%
5	22	96%	92%
5	23	96%	92%
5	24	96%	92%
5	25	96%	93%
5	26	97%	93%
5	27	97%	93%
5	28	97%	93%
5	29	-	93%
5	30	-	93%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
5	31	-	93%
5	32	-	93%
5	33	-	93%
5	34	-	93%
5	35	-	93%
5	36	-	93%
5	37	-	93%
5	38	-	93%
5	39	-	93%
5	40	-	93%
5	41	-	93%
5	42	-	93%
5	43	-	93%
5	44	-	93%
6	0	89%	72%
6	1	92%	75%
6	2	92%	79%
6	3	94%	82%
6	4	94%	82%
6	5	95%	84%
6	6	95%	85%
6	7	95%	86%
6	8	95%	86%
6	9	96%	87%
6	10	96%	88%
6	11	96%	89%
6	12	96%	89%
6	13	97%	89%
6	14	97%	90%
6	15	97%	91%
6	16	97%	91%
6	17	97%	91%
6	18	97%	91%
6	19	97%	92%
6	20	97%	92%
6	21	98%	92%
6	22	98%	92%
6	23	98%	93%
6	24	98%	93%
6	25	98%	93%
6	26	98%	93%
6	27	98%	93%
6	28	98%	93%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
6	29	-	93%
6	30	-	94%
6	31	-	94%
6	32	-	94%
6	33	-	94%
6	34	-	94%
6	35	-	94%
6	36	-	94%
6	37	-	94%
6	38	-	94%
6	39	-	94%
6	40	-	94%
6	41	-	94%
6	42	-	94%
6	43	-	94%
6	44	-	94%
7	0	92%	74%
7	1	94%	76%
7	2	94%	80%
7	3	95%	83%
7	4	96%	83%
7	5	96%	85%
7	6	96%	86%
7	7	96%	86%
7	8	96%	87%
7	9	96%	88%
7	10	97%	89%
7	11	97%	89%
7	12	97%	89%
7	13	97%	90%
7	14	97%	90%
7	15	98%	91%
7	16	98%	91%
7	17	98%	91%
7	18	98%	92%
7	19	98%	92%
7	20	98%	92%
7	21	98%	92%
7	22	98%	93%
7	23	98%	93%
7	24	98%	93%
7	25	98%	93%
7	26	98%	93%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
7	27	98%	94%
7	28	98%	94%
7	29	-	94%
7	30	-	94%
7	31	-	94%
7	32	-	94%
7	33	-	94%
7	34	-	94%
7	35	-	94%
7	36	-	94%
7	37	-	94%
7	38	-	94%
7	39	-	94%
7	40	-	94%
7	41	-	94%
7	42	-	94%
7	43	-	94%
7	44	-	94%
8	0	97%	80%
8	1	98%	81%
8	2	98%	84%
8	3	98%	86%
8	4	98%	86%
8	5	98%	88%
8	6	98%	88%
8	7	98%	89%
8	8	98%	90%
8	9	99%	90%
8	10	99%	91%
8	11	99%	91%
8	12	99%	91%
8	13	99%	92%
8	14	99%	92%
8	15	99%	93%
8	16	99%	93%
8	17	99%	93%
8	18	99%	93%
8	19	99%	93%
8	20	99%	94%
8	21	99%	94%
8	22	99%	94%
8	23	99%	94%
8	24	99%	94%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
8	25	99%	95%
8	26	99%	95%
8	27	99%	95%
8	28	99%	95%
8	29	-	95%
8	30	-	95%
8	31	-	95%
8	32	-	95%
8	33	-	95%
8	34	-	95%
8	35	-	95%
8	36	-	95%
8	37	-	95%
8	38	-	95%
8	39	-	95%
8	40	-	95%
8	41	-	95%
8	42	-	95%
8	43	-	95%
8	44	-	95%
9	0	100%	88%
9	1	100%	88%
9	2	100%	90%
9	3	100%	91%
9	4	100%	91%
9	5	100%	92%
9	6	100%	92%
9	7	100%	92%
9	8	100%	93%
9	9	100%	94%
9	10	100%	94%
9	11	100%	94%
9	12	100%	94%
9	13	100%	94%
9	14	100%	95%
9	15	100%	95%
9	16	100%	95%
9	17	100%	95%
9	18	100%	95%
9	19	100%	96%
9	20	100%	96%
9	21	100%	96%
9	22	100%	96%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
9	23	100%	96%
9	24	100%	96%
9	25	100%	96%
9	26	100%	96%
9	27	100%	96%
9	28	100%	96%
9	29	-	96%
9	30	-	97%
9	31	-	97%
9	32	-	97%
9	33	-	97%
9	34	-	97%
9	35	-	97%
9	36	-	97%
9	37	-	97%
9	38	-	97%
9	39	-	97%
9	40	-	97%
9	41	-	97%
9	42	-	97%
9	43	-	97%
9	44	-	97%
10	0	100%	90%
10	1	100%	90%
10	2	100%	91%
10	3	100%	92%
10	4	100%	92%
10	5	100%	93%
10	6	100%	93%
10	7	100%	94%
10	8	100%	94%
10	9	100%	95%
10	10	100%	95%
10	11	100%	95%
10	12	100%	95%
10	13	100%	95%
10	14	100%	95%
10	15	100%	96%
10	16	100%	96%
10	17	100%	96%
10	18	100%	96%
10	19	100%	96%
10	20	100%	96%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
10	21	100%	96%
10	22	100%	97%
10	23	100%	97%
10	24	100%	97%
10	25	100%	97%
10	26	100%	97%
10	27	100%	97%
10	28	100%	97%
10	29	-	97%
10	30	-	97%
10	31	-	97%
10	32	-	97%
10	33	-	97%
10	34	-	97%
10	35	-	97%
10	36	-	97%
10	37	-	97%
10	38	-	97%
10	39	-	97%
10	40	-	97%
10	41	-	97%
10	42	-	97%
10	43	-	97%
10	44	-	97%
11	0	90%	83%
11	1	90%	85%
11	2	91%	85%
11	3	91%	86%
11	4	92%	87%
11	5	92%	88%
11	6	93%	88%
11	7	93%	89%
11	8	93%	89%
11	9	93%	90%
11	10	-	84%
11	11	-	85%
11	12	-	86%
11	13	-	87%
11	14	-	87%
11	15	-	88%
11	16	-	89%
11	17	-	89%
11	18	-	89%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
11	19	-	90%
11	20	-	90%
11	21	-	91%
11	22	-	91%
11	23	-	91%
11	24	-	91%
11	25	-	92%
11	26	-	92%
11	27	-	92%
11	28	-	92%
11	29	-	92%
11	30	-	92%
11	31	-	92%
11	32	-	92%
11	33	-	92%
11	34	-	92%
11	35	-	93%
11	36	-	93%
11	37	-	93%
11	38	-	93%
11	39	-	93%
11	40	-	93%
11	41	-	93%
11	42	-	93%
11	43	-	93%
11	44	-	93%
12	0	94%	90%
12	1	94%	91%
12	2	94%	91%
12	3	94%	91%
12	4	94%	91%
12	5	94%	92%
12	6	94%	92%
12	7	94%	92%
12	8	94%	92%
12	9	-	92%
12	10	-	91%
12	11	-	91%
12	12	-	91%
12	13	-	92%
12	14	-	92%
12	15	-	93%
12	16	-	93%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
12	17	-	93%
12	18	-	93%
12	19	-	93%
12	20	-	94%
12	21	-	94%
12	22	-	94%
12	23	-	94%
12	24	-	94%
12	25	-	95%
12	26	-	95%
12	27	-	95%
12	28	-	95%
12	29	-	95%
12	30	-	95%
12	31	-	95%
12	32	-	95%
12	33	-	95%
12	34	-	95%
12	35	-	95%
12	36	-	95%
12	37	-	95%
12	38	-	95%
12	39	-	95%
12	40	-	95%
12	41	-	95%
12	42	-	95%
12	43	-	95%
12	44	-	95%
13	0	-	92%
13	1	-	92%
13	2	-	92%
13	3	-	92%
13	4	-	92%
13	5	-	93%
13	6	-	93%
13	7	-	93%
13	8	-	93%
13	9	-	93%
13	10	-	98%
13	11	-	99%
13	12	-	99%
13	13	-	99%
13	14	-	99%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
13	15	-	99%
13	16	-	99%
13	17	-	99%
13	18	-	99%
13	19	-	99%
13	20	-	99%
13	21	-	99%
13	22	-	99%
13	23	-	99%
13	24	-	99%
13	25	-	99%
13	26	-	99%
13	27	-	99%
13	28	-	99%
13	29	-	99%
13	30	-	99%
13	31	-	99%
13	32	-	99%
13	33	-	99%
13	34	-	99%
13	35	-	99%
13	36	-	99%
13	37	-	99%
13	38	-	99%
13	39	-	99%
13	40	-	99%
13	41	-	99%
13	42	-	99%
13	43	-	99%
13	44	-	99%
14	0	-	93%
14	1	-	93%
14	2	-	93%
14	3	-	93%
14	4	-	93%
14	5	-	100%
14	6	-	100%
14	7	-	100%
14	8	-	100%
14	9	-	100%
14	10	-	100%
14	11	-	100%
14	12	-	100%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
14	13	-	100%
14	14	-	100%
14	15	-	100%
14	16	-	100%
14	17	-	100%
14	18	-	100%
14	19	-	100%
14	20	-	100%
14	21	-	100%
14	22	-	100%
14	23	-	100%
14	24	-	100%
14	25	-	100%
14	26	-	100%
14	27	-	100%
14	28	-	100%
14	29	-	100%
14	30	-	100%
14	31	-	100%
14	32	-	100%
14	33	-	100%
14	34	-	100%
14	35	-	100%
14	36	-	100%
14	37	-	100%
14	38	-	100%
14	39	-	100%
14	40	-	100%
14	41	-	100%
14	42	-	100%
14	43	-	100%
14	44	-	100%
15	0	-	84%
15	1	-	84%
15	2	-	86%
15	3	-	88%
15	4	-	88%
15	5	-	89%
15	6	-	90%
15	7	-	90%
15	8	-	91%
15	9	-	92%
15	10	-	92%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
15	11	-	92%
15	12	-	92%
15	13	-	93%
15	14	-	93%
15	15	-	94%
15	16	-	94%
15	17	-	94%
15	18	-	94%
15	19	-	94%
15	20	-	95%
15	21	-	95%
15	22	-	95%
15	23	-	95%
15	24	-	95%
15	25	-	95%
15	26	-	95%
15	27	-	95%
15	28	-	95%
15	29	-	95%
15	30	-	95%
15	31	-	95%
15	32	-	95%
15	33	-	95%
15	34	-	95%
15	35	-	96%
15	36	-	96%
15	37	-	96%
15	38	-	96%
15	39	-	96%
15	40	-	96%
15	41	-	96%
15	42	-	96%
15	43	-	96%
15	44	-	96%
16	0	-	85%
16	1	-	85%
16	2	-	88%
16	3	-	89%
16	4	-	89%
16	5	-	90%
16	6	-	91%
16	7	-	91%
16	8	-	92%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
16	9	-	93%
16	10	-	93%
16	11	-	93%
16	12	-	93%
16	13	-	93%
16	14	-	94%
16	15	-	94%
16	16	-	94%
16	17	-	94%
16	18	-	95%
16	19	-	95%
16	20	-	95%
16	21	-	95%
16	22	-	95%
16	23	-	96%
16	24	-	96%
16	25	-	96%
16	26	-	96%
16	27	-	96%
16	28	-	96%
16	29	-	96%
16	30	-	96%
16	31	-	96%
16	32	-	96%
16	33	-	96%
16	34	-	96%
16	35	-	96%
16	36	-	96%
16	37	-	96%
16	38	-	96%
16	39	-	96%
16	40	-	96%
16	41	-	96%
16	42	-	96%
16	43	-	96%
16	44	-	96%
17	0	-	92%
17	1	-	92%
17	2	-	93%
17	3	-	94%
17	4	-	94%
17	5	-	94%
17	6	-	95%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
17	7	-	95%
17	8	-	95%
17	9	-	96%
17	10	-	96%
17	11	-	96%
17	12	-	96%
17	13	-	96%
17	14	-	96%
17	15	-	96%
17	16	-	96%
17	17	-	96%
17	18	-	97%
17	19	-	97%
17	20	-	97%
17	21	-	97%
17	22	-	97%
17	23	-	97%
17	24	-	97%
17	25	-	97%
17	26	-	97%
17	27	-	97%
17	28	-	97%
17	29	-	97%
17	30	-	97%
17	31	-	97%
17	32	-	97%
17	33	-	97%
17	34	-	97%
17	35	-	98%
17	36	-	98%
17	37	-	98%
17	38	-	98%
17	39	-	98%
17	40	-	98%
17	41	-	98%
17	42	-	98%
17	43	-	98%
17	44	-	98%
18	0	-	95%
18	1	-	95%
18	2	-	95%
18	3	-	96%
18	4	-	96%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
18	5	-	96%
18	6	-	96%
18	7	-	96%
18	8	-	97%
18	9	-	97%
18	10	-	97%
18	11	-	97%
18	12	-	97%
18	13	-	97%
18	14	-	97%
18	15	-	97%
18	16	-	97%
18	17	-	97%
18	18	-	98%
18	19	-	98%
18	20	-	98%
18	21	-	98%
18	22	-	98%
18	23	-	98%
18	24	-	98%
18	25	-	98%
18	26	-	98%
18	27	-	98%
18	28	-	98%
18	29	-	98%
18	30	-	98%
18	31	-	98%
18	32	-	98%
18	33	-	98%
18	34	-	98%
18	35	-	98%
18	36	-	98%
18	37	-	98%
18	38	-	98%
18	39	-	98%
18	40	-	98%
18	41	-	98%
18	42	-	98%
18	43	-	98%
18	44	-	98%
19	0	-	97%
19	1	-	97%
19	2	-	97%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
19	3	-	97%
19	4	-	97%
19	5	-	97%
19	6	-	97%
19	7	-	97%
19	8	-	98%
19	9	-	98%
19	10	-	98%
19	11	-	98%
19	12	-	98%
19	13	-	98%
19	14	-	98%
19	15	-	98%
19	16	-	98%
19	17	-	98%
19	18	-	98%
19	19	-	98%
19	20	-	98%
19	21	-	98%
19	22	-	98%
19	23	-	99%
19	24	-	99%
19	25	-	99%
19	26	-	99%
19	27	-	99%
19	28	-	99%
19	29	-	99%
19	30	-	99%
19	31	-	99%
19	32	-	99%
19	33	-	99%
19	34	-	99%
19	35	-	99%
19	36	-	99%
19	37	-	99%
19	38	-	99%
19	39	-	99%
19	40	-	99%
19	41	-	99%
19	42	-	99%
19	43	-	99%
19	44	-	99%
20	0	-	98%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
20	1	-	98%
20	2	-	98%
20	3	-	98%
20	4	-	98%
20	5	-	98%
20	6	-	98%
20	7	-	98%
20	8	-	98%
20	9	-	98%
20	10	-	98%
20	11	-	99%
20	12	-	99%
20	13	-	99%
20	14	-	99%
20	15	-	99%
20	16	-	99%
20	17	-	99%
20	18	-	99%
20	19	-	99%
20	20	-	99%
20	21	-	99%
20	22	-	99%
20	23	-	99%
20	24	-	99%
20	25	-	99%
20	26	-	99%
20	27	-	99%
20	28	-	99%
20	29	-	99%
20	30	-	99%
20	31	-	99%
20	32	-	99%
20	33	-	99%
20	34	-	99%
20	35	-	99%
20	36	-	99%
20	37	-	99%
20	38	-	99%
20	39	-	99%
20	40	-	99%
20	41	-	99%
20	42	-	99%
20	43	-	99%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
20	44	-	99%
21	0	90%	84%
21	1	90%	85%
21	2	91%	86%
21	3	92%	86%
21	4	92%	87%
21	5	92%	88%
21	6	93%	88%
21	7	93%	89%
21	8	93%	89%
21	9	93%	90%
21	10	-	99%
21	11	-	99%
21	12	-	99%
21	13	-	99%
21	14	-	99%
21	15	-	99%
21	16	-	99%
21	17	-	99%
21	18	-	99%
21	19	-	99%
21	20	-	99%
21	21	-	99%
21	22	-	99%
21	23	-	99%
21	24	-	99%
21	25	-	99%
21	26	-	99%
21	27	-	99%
21	28	-	99%
21	29	-	99%
21	30	-	99%
21	31	-	99%
21	32	-	99%
21	33	-	99%
21	34	-	99%
21	35	-	99%
21	36	-	99%
21	37	-	99%
21	38	-	99%
21	39	-	99%
21	40	-	99%
21	41	-	99%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
21	42	-	99%
21	43	-	99%
21	44	-	99%
22	0	94%	90%
22	1	94%	91%
22	2	94%	91%
22	3	94%	91%
22	4	94%	91%
22	5	94%	92%
22	6	94%	92%
22	7	94%	92%
22	8	94%	92%
22	9	-	92%
22	10	-	99%
22	11	-	99%
22	12	-	99%
22	13	-	99%
22	14	-	99%
22	15	-	99%
22	16	-	99%
22	17	-	99%
22	18	-	99%
22	19	-	99%
22	20	-	99%
22	21	-	99%
22	22	-	99%
22	23	-	100%
22	24	-	100%
22	25	-	100%
22	26	-	100%
22	27	-	100%
22	28	-	100%
22	29	-	100%
22	30	-	100%
22	31	-	100%
22	32	-	100%
22	33	-	100%
22	34	-	100%
22	35	-	100%
22	36	-	100%
22	37	-	100%
22	38	-	100%
22	39	-	100%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
22	40	-	100%
22	41	-	100%
22	42	-	100%
22	43	-	100%
22	44	-	100%
23	0	-	92%
23	1	-	92%
23	2	-	92%
23	3	-	92%
23	4	-	92%
23	5	-	93%
23	6	-	93%
23	7	-	93%
23	8	-	93%
23	9	-	93%
23	10	-	100%
23	11	-	100%
23	12	-	100%
23	13	-	100%
23	14	-	100%
23	15	-	100%
23	16	-	100%
23	17	-	100%
23	18	-	100%
23	19	-	100%
23	20	-	100%
23	21	-	100%
23	22	-	100%
23	23	-	100%
23	24	-	100%
23	25	-	100%
23	26	-	100%
23	27	-	100%
23	28	-	100%
23	29	-	100%
23	30	-	100%
23	31	-	100%
23	32	-	100%
23	33	-	100%
23	34	-	100%
23	35	-	100%
23	36	-	100%
23	37	-	100%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
23	38	-	100%
23	39	-	100%
23	40	-	100%
23	41	-	100%
23	42	-	100%
23	43	-	100%
23	44	-	100%
24	0	-	93%
24	1	-	93%
24	2	-	93%
24	3	-	93%
24	4	-	93%
24	5	-	100%
24	6	-	100%
24	7	-	100%
24	8	-	100%
24	9	-	100%
24	10	-	100%
24	11	-	100%
24	12	-	100%
24	13	-	100%
24	14	-	100%
24	15	-	100%
24	16	-	100%
24	17	-	100%
24	18	-	100%
24	19	-	100%
24	20	-	100%
24	21	-	100%
24	22	-	100%
24	23	-	100%
24	24	-	100%
24	25	-	100%
24	26	-	100%
24	27	-	100%
24	28	-	100%
24	29	-	100%
24	30	-	100%
24	31	-	100%
24	32	-	100%
24	33	-	100%
24	34	-	100%
24	35	-	100%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
24	36	-	100%
24	37	-	100%
24	38	-	100%
24	39	-	100%
24	40	-	100%
24	41	-	100%
24	42	-	100%
24	43	-	100%
24	44	-	100%
25	0	-	100%
25	1	-	100%
25	2	-	100%
25	3	-	100%
25	4	-	100%
25	5	-	100%
25	6	-	100%
25	7	-	100%
25	8	-	100%
25	9	-	100%
25	10	-	100%
25	11	-	100%
25	12	-	100%
25	13	-	100%
25	14	-	100%
25	15	-	100%
25	16	-	100%
25	17	-	100%
25	18	-	100%
25	19	-	100%
25	20	-	100%
25	21	-	100%
25	22	-	100%
25	23	-	100%
25	24	-	100%
25	25	-	100%
25	26	-	100%
25	27	-	100%
25	28	-	100%
25	29	-	100%
25	30	-	100%
25	31	-	100%
25	32	-	100%
25	33	-	100%

Continua

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
25	34	-	100%
25	35	-	100%
25	36	-	100%
25	37	-	100%
25	38	-	100%
25	39	-	100%
25	40	-	100%
25	41	-	100%
25	42	-	100%
25	43	-	100%
25	44	-	100%
26	0	-	100%
26	1	-	100%
26	2	-	100%
26	3	-	100%
26	4	-	100%
26	5	-	100%
26	6	-	100%
26	7	-	100%
26	8	-	100%
26	9	-	100%
26	10	-	100%
26	11	-	100%
26	12	-	100%
26	13	-	100%
26	14	-	100%
26	15	-	100%
26	16	-	100%
26	17	-	100%
26	18	-	100%
26	19	-	100%
26	20	-	100%
26	21	-	100%
26	22	-	100%
26	23	-	100%
26	24	-	100%
26	25	-	100%
26	26	-	100%
26	27	-	100%
26	28	-	100%
26	29	-	100%
26	30	-	100%
26	31	-	100%

CA	CP	Resiliência	
		São Carlos	RMM
26	32	-	100%
26	33	-	100%
26	34	-	100%
26	35	-	100%
26	36	-	100%
26	37	-	100%
26	38	-	100%
26	39	-	100%
26	40	-	100%
26	41	-	100%
26	42	-	100%
26	43	-	100%
26	44	-	100%

APÊNDICE D

Neste Apêndice é apresentado o código-fonte, elaborado em linguagem *Python*, utilizado como uma das ferramentas para aplicação da metodologia proposta.

Código-fonte:

```

1  # -*- coding: utf-8 -*-
2  Created on Wed Aug 28 13:07:09 2019
3  @author: Luiza Gagno Azolin
4
5  # PARTE 1 - GERAR MTA PARA CADA LINHA DE TRANSPORTE PÚBLICO
6
7  # Dados de entrada: Planilhas com itinerários das linhas de transp. público (zonas) em .csv Ida e Volta
8  # Planilha com Informações gerais (número de zonas de tráfego e lista com linhas de
9  # transporte de comportamento "circular")
10 # Formato pré-estabelecido:
11 # Planilhas itinerários: Uma planilha para Ida outra para Volta (linhas circulares - só Ida
12 # preenchida)
13 # 1ª linha - Código das linhas
14 # Demais linhas: zonas percorridas pela linha de TP no percurso
15 # Informações gerais: 1ª coluna: Zonas - nº de zonas de tráfego
16 # 2ª coluna: Circular - lista de linhas (códigos) de transp. que possuem itinerário
17 circular
18 # 3ª coluna: Fixa - Lista de linhas (códigos) de transp. que permanecerão em
19 funcionamento independente do cenário
20
21 import pandas as pd
22 import numpy as np
23
24 # Importando os dados: It_ida - itinerários apenas do sentido ida; It_volta - itinerários apenas do sentido
25 volta; Inf_gerais - informações gerais necessárias
26
27 # Sempre verificar caminho da pasta origem
28 It_ida = pd.read_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\Itinerarios_Ida.csv', delimiter=';',
29 engine='python')
30 It_volta = pd.read_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\Itinerarios_Volta.csv',
31 delimiter=';', engine='python')
32
33 inf = pd.read_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\Inf_gerais.csv', delimiter=';',
34 engine='python')
35
36 # Registrar lista de linhas de transporte circulares (forma de percurso e análise diferente das demais) e
37 lista de linhas "fixas"
38 circ = (inf['Circular'])
39 fix = (inf['Fixa'])
40
41 # Variável "z" recebe o número de zonas de tráfego da região analisada
42 zonas = int(inf.loc[0,'Zonas'])
43
44 # Vetor com o cabeçalho da planilha itinerarios em formato string - código das linhas
45 h = It_ida.columns.str.strip()
46

```

```

37 # Número de linhas e colunas do itinerário
38 (lin_ida, col_ida) = It_ida.shape
39 (lin_volta, col_volta) = It_volta.shape
40
41 # Preencher elementos faltantes da tabela itinerários com zeros
42 It_ida = It_ida.fillna(0)
43 It_volta = It_volta.fillna(0)
44
45 # Gerar matriz para arquivar MTAs que serão geradas (1 para cada linha de transporte público)
46 matrizes = { }
47
48 # 'for' para definir a linha de transporte avaliada em cada iteração. Variável "tp" recebe o código da
49 linha de transporte avaliada na iteração correspondente
50 for l in range (0,len(h)):
51     tp = h[l]
52     # Gerar 'dicionário' de dados = MTA nula, para preencher com os dados correspondente ao percurso
53     de Ida e Volta da linha de transporte analisada
54     d = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
55     # **Preencher MTA para o percurso de Ida**
56     # 'for' recebe a zona origem (z1) de cada trecho percorrido pela linha de transporte
57     for j in range (0,(lin_ida-1)):
58         z1 = int(It_ida.loc[j,tp])
59         # Se chegar a "z1=0" é porque já percorreu toda lista do itinerário, portanto pode parar a iteração
60         if z1==0:
61             break
62         # 'for' recebe todas as possíveis zonas destino (z2) para cada "z1" considerado
63         for k in range (1,(lin_ida)):
64             # Quando "j+k" chegar a um valor maior que (lin_ida-1), este será maior que o tamanho da
65             matriz de itinerários avaliada, portanto a iteração pode parar
66             if ((j+k)>(lin_ida-1)):
67                 break
68             z2 = (int(It_ida.loc[j+k,tp]))
69             # Condição para parada do loop: Caso o valor da próxima zona (z2) seja igual a 0, significa que
70             o percurso terminou
71             if z2==0:
72                 break
73             # A lista correspondente a coluna com zona de destino z2 e sua respectiva linha com zona de
74             origem (z1-1), pois o index inicia em 0 e não em 1, do dicionário "d" é preenchido com 1: o que
75             corresponde que esse trecho origem e destino é atendido
76             d[z2][z1-1]=1
77             # Se a linha de transp. (tp) possui comportamento circular, a viagem pode ser feita de z1 para z2
78             e de z2 para z1
79             for c in range (0,len(circ)):
80                 if str(circ[c])==tp:
81                     d[z1][z2-1]=1
82             # **Preencher MTA para o percurso de Volta** (faz as mesmas avaliações que no percurso de Ida)
83             for m in range (0,(lin_volta-1)):
84                 z3 = int(It_volta.loc[m,tp])
85                 if z3==0:

```

```

79         break
80     for n in range (1,lin_volta):
81         if ((m+n)>(lin_volta-1)):
82             break
83         z4 = (int(It_volta.loc[m+n,tp]))
84         if z4==0:
85             break
86         d[z4][z3-1]=1
87     # Transformar a MTA preenchida em DataFrame
88     d=pd.DataFrame(d)
89     # Alterar index do DataFrame para corresponder a nomenclatura das zonas (iniciando em 1)
90     d.index = d.index + 1
91     # "Salvar" MTA criada na matriz de banco de dados (matrizes) com referência a sua linha de
92     transporte correspondente (tp)
93     matrizes[tp]=d
94     # Exportar MTA criada (formato .csv, separador ";" para leitura em excel)
95     d.to_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\MTA\\MTA-%s.csv' %tp, sep=';')
96
97     #OBS: Como selecionar o DataFrame da linha de transporte desejada dentro de "matrizes", exemplo:
98     #print(matrizes['3086'])
99
100     # PARTE 2 - FORMAR BANCO DE DADOS COM OS TRECHOS DA OD E Nº DE VIAGENS
101     # MOTORIZADAS - SE CADA LINHA DE TRANSP. ATENDE OU NÃO O TRECHO
102
103     # Dados de entrada: Planilha .csv com os dados da OD (trechos e nº de viagens com veículos
104     # motorizados)
105     # Formato pré-estabelecido: 1ª coluna - Origem
106     #                               2ª coluna - Destino
107     #                               3ª coluna - ViagMotorizados
108
109     # Importando os dados: data - recebe os dados de entrada
110     # Sempre verificar caminho da pasta origem
111     data = pd.read_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\DadosOD.csv', delimiter=';',
112     engine='python')
113
114     # Gerar 'dicionário' de dados com as linhas de transporte público (preenchido com zeros)
115     # nº de linhas baseado no nº de linhas dos dados da OD importado e número de colunas equivalente ao
116     número de linhas de transporte público (len(h))
117     d2 = {n:[0]*(data.shape[0]) for n in range (0,len(h))}
118     # Transformar em DataFrame
119     d2 = pd.DataFrame(d2)
120     # Nomear as colunas com os códigos das linhas de transporte
121     d2.columns = h
122
123     # Unir "data" e "d2" formando o banco de dados final a ser preenchido e utilizado (bd):
124     bd = pd.concat([data, d2], axis=1)
125

```

```

# A partir das MTAs geradas para cada linha de transp. identificar se esta percorre ou não cada trecho
122 (1: percorre; 0: não percorre)
123 # 'for' para determinar a linha de transporte que será avaliada em cada iteração
124 for q in range (0,len(h)):
125     # Variável "mta" recebe a matriz correspondente a linha de transp. avaliada, que foi arquivada em
126     "matrizes"
127     mta = matrizes[h[q]]
128     # 'for' para percorrer por todas as linhas do banco de dados e avaliar todos os trechos origem/destino
129     for r in range (0,bd.shape[0]):
130         # P/ cada origem e destino é verificado na MTA se o trecho é atendido ou não e este valor é
131         inserido no banco de dados (1 ou 0)
132         bd.loc[r,h[q]] = mta.loc[bd.loc[r,'Origem'],bd.loc[r,'Destino']]
133
134
135 # PARTE 3 - ANÁLISE DA ORDEM DE PRIORIDADE DAS LINHAS
136
137 # Análise feita a partir do banco de dados ("bd") composto na PARTE 2
138 df = bd
139
140 # Vetor com o cabeçalho em formato string
141 header = df.columns.str.strip()
142
143 # Preparando dados
144 (nlinhas, ncolunas) = df.shape
145 # cod: apenas código das linhas de transporte
146 cod = header[3:]
147
148 # Multiplicar nº de viagens motorizadas aos trechos atendidos pelas linhas ("pesos")
149 for i in cod:
150     df[i] = df[i]*df['ViagMotorizados']
151
152 # Criando um dataframe apenas com as linhas de transporte e os atendimentos com os "pesos": df2
153 df2 = df[cod]
154
155 # Somar demanda potencial das linhas de transporte. df2_t: transposta de df2
156 df2_t = df2.T
157 #coluna "soma" adicionada com a soma das DPs:
158 df2_t['soma']=df2_t.sum(axis=1)
159
160 # Criar DataFrame com lista de prioridade - para atribuição do resultado
161 columns = ['Prioridade', 'Linha', 'DP']
162 index = range(0,df2_t.shape[0])
163 p = pd.DataFrame(index=index, columns=columns)
164
165 print(p)
166

```

```

167 # Analisar se existem linhas fixas (que permanecerão em funcionamento independente do cenário)
168 auxf = 0
169 for l in range (0,len(h)):
170     tp = h[l]
171     for m in range (0,len(fix)):
172         if str(fix[m])==tp:
173             p.loc[auxf,'Linha'] = tp
174             p.loc[auxf,'Prioridade'] = 0
175             p.loc[auxf,'DP'] = df2_t.loc[tp,'soma']
176             print(p)
177             auxf = auxf + 1
178
179 print(p)
180
181 # Número de linhas vazias na tabela de prioridade
182 vazio = p['Linha'].isna().sum()
183
184 # Se todas as linhas ainda estiverem vazias (não haviam linhas fixas) - Definir Prioridade 1 como a
185 # maior DP
186 if vazio == (p.shape[0]):
187     # Prioridade 1 será a Maior Demanda Potencial
188     p.loc[0,'Linha'] = df2_t['soma'].idxmax()
189     p.loc[0,'DP'] = df2_t['soma'][df2_t['soma'].idxmax()]
190     p.loc[0,'Prioridade'] = 1
191     print(p)
192
193 # Próxima linha a ser preenchida na ordem de prioridade
194 vazio = p['Linha'].isna().sum()
195 prox = p.shape[0] - vazio
196
197 # Transpor para voltar ao formato original: Linhas-trechos e colunas-linhas de transporte público
198 df3 = df2_t.T
199
200 # Preparando dataframe para loop -> dfL (linha soma retirada)
201 dfL = df3.drop('soma')
202
203 for f in range(0,prox):
204     # Variável auxiliar para salvar o código da linha definida na ordem de prioridade
205     aux = p.loc[f,'Linha']
206     # Filtra apenas as linhas referentes aos trechos que a linha analisada não atende
207     dfL = (dfL[dfL[aux]==0])
208
209 # Loop para análise de prioridade segundo a soma da DP apenas dos trechos agregados pelas linhas
210 for i in range(prox,len(cod)):
211     # Soma dos trechos agregados (linha "sagr")
212     dfL.loc['sagr'] = dfL.iloc[:,i].sum()

```

```

# Condição para parada do loop: Caso o valor máximo soma dos trechos agregados seja zero -> todas
212 as linhas de transporte restantes estarão agregando "0"
213 if dfL.loc['sagr'].max() == 0:
214     break
# Encontrando o valor máximo da soma agregada e atribuindo seu valor e sua linha correspondente à
215 respectiva ordem de prioridade
216 p.loc[i, 'Linha'] = dfL.loc['sagr'].idxmax()
217 p.loc[i, 'DP'] = dfL.loc['sagr'].max()
218 p.loc[i, 'Prioridade'] = p.loc[i-1, 'Prioridade'] + 1
219 dfL = dfL.drop('sagr')
220 #Variável auxiliar para salvar esta última linha definida na ordem de prioridade
221 aux = p.loc[i, 'Linha']
# Filtra apenas as linhas referentes aos trechos que esta linha não atende (para prosseguir para
222 próxima iteração)
223 dfL = (dfL[dfL[aux] == 0])
224
# Excluindo linhas com dados faltantes, caso a lista de prioridade não seja toda preenchida (se o 'break'
225 foi ativado no loop)
226 p.dropna(inplace=True)
227 print(p)
228
229 # Exportar lista de prioridade calculada em formato .csv
230 # Sempre verificar caminho da pasta destino
231 p.to_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\Lista_Prioridade.csv', sep=';')
232
233
234 # PARTE 4 - FORMAÇÃO DOS CENÁRIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO
235
236
# Variável para arquivar as MTAs de cada Cenário de Transporte Público gerado (CP), do CP 0 ao CP
237 N, sendo N o número de linhas consideradas na ordem de prioridade e o CP 0 uma MTA nula.
238 CP = {}
239
# Gerar 'dicionário' de dados correspondente a uma MTA nula (nº de linhas e de colunas = ao número
240 de zonas de tráfego)
241 c = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
242
243 # Transformar "c" em DataFrame = caux - apenas para formar CP 0
244 c2 = pd.DataFrame(c)
245 # Alterar index do DataFrame para corresponder a nomenclatura das zonas (iniciando em 1)
246 c2.index = c2.index + 1
247
248 num=0
# "Salvar" MTA criada para o CP 0 na matriz de banco de dados (CP) com referência ao cenário
249 ("CP0")
250 CP['CP%i' % num] = c2
251 #print(CP['CP0'])
252
253 # Exportar MTA criada para o CP (formato .csv, separador ";" para leitura em excel)

```

```

254 c2.to_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\CP\\CP %i.csv' % num, sep=';')
255
256 # Compor os CPs seguindo a ordem de prioridade (dada em "p")
257 for t in range(0, p.shape[0]):
258     # Variável "nl" recebe o código da linha de transporte a ser adicionada ao cenário na respectiva
259     # iteração
260     nl = p.loc[t, 'Linha']
261     # Variável auxiliar "num" para armazenar o número do cenário que será criado
262     num = t + 1
263     # "m1" recebe a MTA do último cenário criado (CP0, caso esteja na 1ª iteração, ou da iteração
264     # anterior para as demais iterações)
265     m1 = CP['CP%i' % t]
266     # "m2" recebe a MTA correspondente a linha de tranp. a ser adicionada
267     m2 = matrizes[nl]
268     # "M" recebe a "junção" lógica de "m1" e "m2", formando o cenário
269     M = np.logical_or(m1, m2) * 1
270     # "CP" armazena o cenário criado com seu respectivo número
271     CP['CP%i' % num] = M
272     # O cenário é exportado em arquivo .csv
273     M.to_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\CP\\CP %i.csv' % num, sep=';')
274
275
276 # PARTE 5 - ANÁLISE DA RESILIÊNCIA
277
278 # Dados de entrada:
279 #   Matriz de distâncias em rede (formato: semelhante a OD)
280 #   Matriz com viagens de automóveis (formato: semelhante a OD)
281 #   Matriz com viagens de transporte público (formato: semelhante a OD)
282 #   Matriz com viagens de bicicleta (formato: semelhante a OD)
283 #   Matriz com viagens a pé (formato: semelhante a OD)
284 #   Planilha com os cenários de modos ativos (CA) e as respectivas DMPs (a pé e para bicicleta)
285
286 # Importando os dados e formatando (cortando a 1ª coluna e acertando o index): (Sempre verificar
287 # caminho da pasta origem)
288 Dist = pd.read_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\Resiliencia\\Dist_rede.csv',
289                   delimiter=';', engine='python')
290 Dist = Dist.drop(Dist.columns[0], axis=1)
291 Dist.index = Dist.index + 1
292 Dist.dropna(axis=1, how='all', inplace=True)
293 Dist.dropna(axis=0, how='all', inplace=True)
294
295 Vauto = pd.read_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\Resiliencia\\Viag_auto.csv',
296                   delimiter=';', engine='python')
297 Vauto = Vauto.drop(Vauto.columns[0], axis=1)
298 Vauto.index = Vauto.index + 1
299 Vauto.dropna(axis=1, how='all', inplace=True)
300 Vauto.dropna(axis=0, how='all', inplace=True)
301

```



```

298 Vtpub = pd.read_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\Resiliencia\\Viag_tp.csv',
299 delimiter=';', engine='python')
300 Vtpub = Vtpub.drop(Vtpub.columns[0], axis=1)
301 Vtpub.index = Vtpub.index + 1
302 Vtpub.dropna(axis=1, how='all', inplace=True)
303 Vtpub.dropna(axis=0, how='all', inplace=True)
304
305 Vbike = pd.read_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\Resiliencia\\Viag_bike.csv',
306 delimiter=';', engine='python')
307 Vbike = Vbike.drop(Vbike.columns[0], axis=1)
308 Vbike.index = Vbike.index + 1
309 Vbike.dropna(axis=1, how='all', inplace=True)
310 Vbike.dropna(axis=0, how='all', inplace=True)
311
312 Vape = pd.read_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\Resiliencia\\Viag_ape.csv',
313 delimiter=';', engine='python')
314 Vape = Vape.drop(Vape.columns[0], axis=1)
315 Vape.index = Vape.index + 1
316 Vape.dropna(axis=1, how='all', inplace=True)
317 Vape.dropna(axis=0, how='all', inplace=True)
318
319 CA = pd.read_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\Resiliencia\\CA.csv', delimiter=';',
320 engine='python')
321
322 # "mv_CA" - dicionário criado para armazenar a variável "mv_CP" de matrizes de viagens resultantes,
323 para cada cenário de modo ativo (CA) avaliado
324 # Cada série (coluna) corresponde a um CA (série 1 [posição 0] = CA1; série 2 = CA2; etc)
325 # Valor/Linha - Receberá "mv_CP" que terá armazenada os 3 tipos de matrizes (pers., adap. e trans.)
326 para todos os CPs -> para cada CA
327 mv_CA = {n:[0] for n in range (1,(CA.shape[0]+1))}
328
329 # "mv_excep" - dicionário para armazenar as matrizes de viagens excepcionais, que só variam com a
330 variação do CA
331 # Cada série (coluna) corresponde ao CA correspondente
332 mv_excep = {n:[0] for n in range (1,(CA.shape[0]+1))}
333
334 # Gerar DataFrame para armazenar resultados de resiliência que serão calculados (colunas: CA, CP,
335 Resiliencia; nº de linhas = nº CP x nº CA)
336 result = {"CA": [0]*((p.shape[0]+1)*CA.shape[0]), "CP": [0]*((p.shape[0]+1)*CA.shape[0]),
337 "Resiliencia": [0]*((p.shape[0]+1)*CA.shape[0])}
338 result = pd.DataFrame(result)
339 var = 0 #variável auxiliar
340
341 # Considerando as condições para modos ativos:
342 # 1 = distância <= DMP a pé
343 # 2 = DMP a pé < distância <= DMP bicicleta
344 # 3 = distância > DMP bicicleta
345 # Condição 4 - avaliação de cenários do transporte público (para automóveis e ônibus)

```

```

339
340
341 # 'for' para definição do cenário de modos ativos (CA) avaliado
342 for u in range (0,CA.shape[0]):
343     DMPape = CA.loc[u,'DMPape']
344     DMPbike = CA.loc[u,'DMPbike']
345
346     # Gerar as matrizes de viagens nulas para ser preenchidas (nº de linhas e de colunas = ao número de
347     zonas de tráfego)
348     auto1 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
349     auto1 = pd.DataFrame(auto1)
350     auto1.index = auto1.index + 1
351
352     auto2 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
353     auto2 = pd.DataFrame(auto2)
354     auto2.index = auto2.index + 1
355
356     auto3 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
357     auto3 = pd.DataFrame(auto3)
358     auto3.index = auto3.index + 1
359
360     auto4 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
361     auto4 = pd.DataFrame(auto4)
362     auto4.index = auto4.index + 1
363
364     tpub1 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
365     tpub1 = pd.DataFrame(tpub1)
366     tpub1.index = tpub1.index + 1
367
368     tpub2 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
369     tpub2 = pd.DataFrame(tpub2)
370     tpub2.index = tpub2.index + 1
371
372     tpub3 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
373     tpub3 = pd.DataFrame(tpub3)
374     tpub3.index = tpub3.index + 1
375
376     tpub4 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
377     tpub4 = pd.DataFrame(tpub4)
378     tpub4.index = tpub4.index + 1
379
380     bike1 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
381     bike1 = pd.DataFrame(bike1)
382     bike1.index = bike1.index + 1
383
384     bike2 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
385     bike2 = pd.DataFrame(bike2)

```

```

385     bike2.index = bike2.index + 1
386
387     bike3 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
388     bike3 = pd.DataFrame(bike3)
389     bike3.index = bike3.index + 1
390
391     ape1 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
392     ape1 = pd.DataFrame(ape1)
393     ape1.index = ape1.index + 1
394
395     ape2 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
396     ape2 = pd.DataFrame(ape2)
397     ape2.index = ape2.index + 1
398
399     ape3 = {n:[0]*(zonas) for n in range (1,(zonas+1))}
400     ape3 = pd.DataFrame(ape3)
401     ape3.index = ape3.index + 1
402
403     for i in range (0, zonas):
404         for j in range (0, zonas):
405             if Dist.iloc[i,j] <= DMPape:
406                 auto1.iloc[i,j] = Vauto.iloc[i,j]
407                 tpub1.iloc[i,j] = Vtpub.iloc[i,j]
408                 bike1.iloc[i,j] = Vbike.iloc[i,j]
409                 ape1.iloc[i,j] = Vape.iloc[i,j]
410             elif (Dist.iloc[i,j] > DMPape and Dist.iloc[i,j] <= DMPbike):
411                 auto2.iloc[i,j] = Vauto.iloc[i,j]
412                 tpub2.iloc[i,j] = Vtpub.iloc[i,j]
413                 bike2.iloc[i,j] = Vbike.iloc[i,j]
414                 ape2.iloc[i,j] = Vape.iloc[i,j]
415             else:
416                 auto3.iloc[i,j] = Vauto.iloc[i,j]
417                 tpub3.iloc[i,j] = Vtpub.iloc[i,j]
418                 bike3.iloc[i,j] = Vbike.iloc[i,j]
419                 ape3.iloc[i,j] = Vape.iloc[i,j]
420
421
422     # Formação da matriz de viagens Excepcionais:
423     excep = bike3 + ape2 + ape3
424     # Somatório das viagens excepcionais:
425     sum_excep = int((excep.sum()).sum())
426     # Armazenando matriz de viagens excepcionais para o CA correspondente
427     mv_excep[(u+1)][0] = excep
428
429     # Formação da matriz de viagens Persistentes (apenas para modos ATIVOS):
430     pers_at = ape1 + bike1 + bike2

```

```

431
432 # Formação da matriz de viagens Adaptáveis (apenas para modos ATIVOS):
433 adap_at = auto1 + auto2 + tpub1 + tpub2
434
435 # Formação da matriz de viagens Transformáveis (apenas para modos ATIVOS):
436 trans_at = auto3 + tpub3
437
438 # "mv_CP" - dicionário criado para armazenar as matrizes de viagens resultantes (persistentes,
439 adaptáveis e transformáveis) para cada CP avaliado
440 # Cada série (coluna) corresponde a um CP (coluna 0 = CP0; coluna 1 = CP1; etc)
441 # Valor/Linha posição 0 - Matriz de viagens persistentes (linha = valor)
442 # Valor/Linha posição 1 - Matriz de viagens adaptáveis
443 # Valor/Linha posição 2 - Matriz de viagens transformáveis
444 # OBS: Matriz de viagens excepcionais é a mesma independente do CP
445 mv_CP = {n:[0]*3 for n in range (0,(p.shape[0]+1))}
446
447 # Para avaliar cada cenário de transporte público armazenado em "CP"
448 for k in range (0,(p.shape[0]+1)):
449     cenario = CP['CP%i' %k]
450     for m in range (0, zonas):
451         for n in range (0, zonas):
452             if cenario.iloc[m,n] == 1:
453                 tpub4.iloc[m,n] = tpub3.iloc[m,n]
454                 auto4.iloc[m,n] = auto3.iloc[m,n]
455                 # Formação da matriz de viagens Persistentes resultante (considerando modos ativos e transporte
456 público) no CP da respectiva iteração:
457                 pers = pers_at + tpub4
458                 # Formação da matriz de viagens Adaptáveis resultante (considerando modos ativos e transporte
459 público) no CP da respectiva iteração:
460                 adap = adap_at + auto4
461                 # Formação da matriz de viagens Transformáveis resultante (considerando modos ativos e
462 transporte público) no CP da respectiva iteração:
463                 trans = trans_at - tpub4 - auto4
464                 # Armazenar matrizes nas posições correspondentes de "mf" (como é um dicionário: mf[série-
465 coluna][valor-linha])
466                 mv_CP[k][0] = pers
467                 mv_CP[k][1] = adap
468                 mv_CP[k][2] = trans
469                 # Cálculo do somatório das viagens por tipo
470                 sum_pers = int((pers.sum()).sum())
471                 sum_adap = int((adap.sum()).sum())
472                 sum_trans = int((trans.sum()).sum())
473                 # Resiliência
474                 vresilientes = (sum_excep + sum_pers + sum_adap)
475                 totalv = (sum_excep + sum_pers + sum_adap + sum_trans)
476                 res = round((float(vresilientes)/float(totalv)),6)
477                 # Registrar o resultado no DataFrame "result" com o CA e CP correspondente:
478                 result.iloc[var,0] = (u+1)
479                 result.iloc[var,1] = k

```

```
475     result.iloc[var,2] = pd.to_numeric(result.iloc[var,2])
476     result.iloc[var,2] = res
477     # Varável "var" auxiliar para preencher "result" - soma 1 a cada iteração, para pular para próx.
478     linha
479     var = var + 1
480     # Registrar as matrizes geradas para todos os CPs, em um CA, na variável "mv_CA" (na posição
481     correspondente ao CA avaliado nessa iteração de CA)
482     mv_CA[(u+1)][0] = mv_CP
483
484     # Apresentar resultado final e exportar .csv:
485     print(result)
486     result.to_csv('C:\\Users\\luiza\\Documents\\Luiza\\Python\\Resiliencia\\Resultados\\RESULTADO.csv',
487     sep=',';')
```