

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ENGENHARIA DE TRANSPORTES

Lúsa de Cássia Batista Aguiar

**ANÁLISE DE IMPACTO NOS TEMPOS DE DESLOCAMENTO NA REALOCAÇÃO  
DE UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO NA CIDADE DE SÃO PAULO  
CONSIDERANDO RESTRIÇÕES VIÁRIAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Belo Horizonte – MG

2023

LUÍSA DE CÁSSIA BATISTA AGUIAR

**ANÁLISE DE IMPACTO NOS TEMPOS DE DESLOCAMENTO NA REALOCAÇÃO  
DE UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO NA CIDADE DE SÃO PAULO  
CONSIDERANDO RESTRIÇÕES VIÁRIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Graduação em Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Professor Diego Camargo



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

**ANEXO V – FOLHA DE NOTAS**

“Análise de impacto nos tempos de deslocamento na realocação de um  
centro de distribuição na cidade de São Paulo”

Luísa de Cássia Batista Aguiar

Trabalho de conclusão de curso submetido à Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia de Transportes, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Transportes.

Aprovada em 06/07/2023.

Aprovada com modificações sugeridas pela banca em 06/07/2023.

\*Aprovada com ressalvas em 06/07/2023.

Reprovado(a).

Diego Camargo

NOTA: 100

ORIENTADOR

Prof. Me. Diego Camargo

Thais Ohana Ferreira de Araújo

NOTA: 100

BANCA

Prof<sup>ª</sup>. Thais Ohana Ferreira de Araújo

Agmar Bento Teodoro

NOTA: 100

BANCA

Prof. Dr. Agmar Bento Teodoro

NOTA FINAL: 100

\* Caso a candidata seja aprovada com ressalvas, favor relatar as modificações necessárias e indicar um membro responsável pela verificação das correções.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

**ANEXO VI - TERMO DE APROVAÇÃO**

TERMO DE APROVAÇÃO

Eu, Prof. Diego Camargo, declaro que a aluna Luísa de Cássia Batista Aguiar efetuou as correções pertinentes encaminhadas pela banca examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: “Análise de impacto nos tempos de deslocamento na realocação de um centro de distribuição na cidade de São Paulo considerando restrições viárias” e autorizo a Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia em Transportes aceitar a versão final impressa, bem como o lançamento da nota final da referida aluna no diário da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II.

Belo Horizonte, 06/07/2023

A handwritten signature in black ink that reads 'Diego Camargo' is written over a horizontal line.

Professor orientador

## DEDICATÓRIA

*Dedico esse trabalho a minha mãe e meu irmão que me apoiaram desde o início, ao meu namorado e amigos que caminharam comigo nessa jornada.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a espiritualidade amiga por sempre me guiarem e me suportarem nos momentos de anseios, livrando-me de todo o mal e me levando aos melhores caminhos.

Um agradecimento especial a mim mesma por não ter desistido e ter tido sabedoria e calma, as vezes nem tanta, para conduzir esse ciclo.

Agradeço a minha mãe (Cláudia) e meu irmão (Tomás) por sempre me incentivarem a ter uma profissão e enfatizarem a importância do estudo, ainda que seja um caminho longo e com a presença de alguns obstáculos. Entre risos, preocupações, noites mal dormidas, muitos trabalhos entregues e provas feitas, enfim, o ciclo da graduação vai se encerrando.

A minha amiga e irmã, Flávia. Aos meus amigos da Engenharia Metalúrgica (Gabriela e Michael). A todos os amigos que fiz no CEFET, em especial Gabriel, Suellem, Danúbia, Leila, Calu, Adílson, Gustavo e Camila por todas as festas e sítios, pelos momentos de estudo, desesperos, sobretudo no ciclo básico, e por nunca faltarem comigo em nenhum momento. A toda a turma do curso de Engenharia de Transportes (2015.2), vocês fizeram essa caminhada mais leve e divertida. Agradeço imensamente as amigas que fiz no cheerleading, em especial a Renata. Aos meus amigos Danielle e Júlio, por estarem presentes desde a época do cefetinho e serem meu ponto de apoio, sensatez e, ao mesmo tempo, muita loucura. Aos amigos Fernanda e Matheus que tive o privilégio de estagiar junto na Marelli. E por fim, mas não menos importante, agradeço ao meu namorado Gabriel pelos risos, diálogos, atenção, sensatez e paciência que nós sempre lidamos um com o outro, assim como agradeço a sua família, Sheila, Kennedy e Cris, por sempre me receberem tão bem e ser tão bem acolhida.

Ao CEFET que está na minha vida há tanto tempo sendo minha segunda casa. Ao professor Diego pela orientação durante toda a execução do trabalho, aos professores Agmar e Anna compondo a banca examinadora e aos mestres do CEFET, em especial aos professores Tainá, Renata, Priscila, Maria e Carlos Magno por me mostrarem o quão mágico é o ato de ensinar.

## EPÍGRAFE

*“A beleza das coisas existe no espírito de quem as contempla.”*

*(David Hume)*

AGUIAR, Luísa C. B. **ANÁLISE DE IMPACTO NOS TEMPOS DE DESLOCAMENTO NA REALOCAÇÃO DE UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO NA CIDADE DE SÃO PAULO CONSIDERANDO RESTRIÇÕES VIÁRIAS**. 2023. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Transportes. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2023.

## **RESUMO**

Ainda que a presença de caminhões trafegando pelas cidades tragam impactos a qualidade de vida dos moradores, à medida que a população cresce nos centros urbanos a necessidade de entrega de produtos e serviços também aumenta. Ao poder público compete a função de equilibrar a balança para cidadãos e operadores logísticos, a fim de mitigar pontos negativos advindos da má gestão da logística urbana. O objetivo deste trabalho é analisar os impactos causados nos tempos e deslocamentos ocasionados pela mudança de endereço de um centro de distribuição (CD) até seus fornecedores, localizados na cidade de São Paulo, tendo em vista as restrições viárias de circulação. Os dados foram alcançados utilizando o software QGIS com apoio do complemento ORS Tools, responsável pela simulação da geração das rotas otimizadas, e analisados considerando estatística descritiva. Como resultado, observa-se que o local escolhido para o novo CD aumentou a distância percorrida em média 26,5% e os tempos de deslocamento em 18,5%, em que apenas seis entre os vinte fornecedores obtiveram reduções no tempo e distância das rotas. Em contrapartida, no que se refere aos cenários de restrição, na nova localização do CD a variabilidade dos caminhos foi menor, aumentando a confiabilidade no planejamento logístico da empresa.

**Palavras-chave:** Otimização de rotas; restrição viária; logística urbana; QGIS.

AGUIAR, Luísa C. B. **IMPACT ANALYSIS ON TRAVEL TIMES IN THE REALLOCATION OF A DISTRIBUTION CENTER IN THE CITY OF SAO PAULO CONSIDERING ROA RESTRICTIONS.** 2023. 118 p. Undergraduate Final Report. Transportation Engineering. Federal Center for Technological Education of Minas Gerais (CEFET-MG), 2023.

## **ABSTRACT**

Although the presence of trucks traveling through cities impacts the quality of life of residents, as the population grows in urban centers, the need to deliver products and services also increases. It is up to the public power to balance the scales for citizens and logistics operators, in order to mitigate negative points arising from poor management of urban logistics. The objective of this work is to analyze the impacts caused in the times and displacements caused by the change of address from a distribution center (DC) to its suppliers, located in the city of São Paulo, in view of the road restrictions of circulation. The data were obtained using the QGIS software with the support of the ORS Tools complement, responsible for optimizing the generation of routes and analyzed considering descriptive statistics. As a result, it is observed that the location chosen for the new DC increased the distance traveled by average of 26,5% and travel times by 18,5%, in with only six among the twenty suppliers obtained reductions in the time and distance of the routes. On the other hand, with regard to the restriction scenarios, in the new location of the DC the variability of the paths was lower, increasing the reliability of the company's logistical planning.

**Keywords:** Route optimization; road restrictions; urban logistics; QGIS.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fator de influência na escolha do veículo para realizar o transporte .....	7
Figura 2 - Fatores de influência na escolha da localização do centro de distribuição (ou armazém).....	8
Figura 3 - Localização da cidade de São Paulo .....	9
Figura 4 - Frota de caminhão no estado de São Paulo .....	11
Figura 5 - Porcentagem de caminhões registrados no município de São Paulo com relação ao total registrado no estado de São Paulo .....	12
Figura 6 - Mapa Restrição de Circulação Viária para Veículos Pesados .....	14
Figura 7 - Representação de vias com a Topologia Arco-Nó .....	17
Figura 8 - Fluxograma metodológico .....	23
Figura 9 - Principais vias de acesso a cidade de São Paulo .....	24
Figura 10 – Área ocupada pelas linhas transformadas em polígonos .....	25
Figura 11 - Área ocupada pelas linhas transformadas em polígonos pós correção ..	26
Figura 12 - Mapa digital de São Paulo no GeoSampa .....	27
Figura 13 – Camadas utilizadas representadas no QGIS .....	28
Figura 14 - Localização espacial dos Centros de Distribuição .....	29
Figura 15 - Localização espacial dos fornecedores .....	31
Figura 16 - Interface do ORS Tools no QGIS.....	33
Figura 17 - Inserção de restrição tipo polígono no ORS Tools.....	34
Figura 18 - Média das distâncias percorridas pelos fornecedores nos cenários com origem no CD Marco Polo .....	38
Figura 19 - Média do tempo de deslocamento pelos fornecedores nos cenários com origem no CD Marco Polo .....	38
Figura 20 - Desvio padrão calculado para a distância percorrida para os fornecedores com origem CD Marco Polo .....	39
Figura 21 - Localização dos fornecedores com desvio padrão de distância percorrida acima de 5 com origem no CD Marco Polo.....	39
Figura 22 - Distância percorrida conforme cenário para fornecedores com desvio padrão acima de 5 para as rotas com origem no CD Marco Polo .....	40
Figura 23 - Localização dos fornecedores com desvio padrão de distância percorrida menor que 1 com origem no CD Marco Polo .....	41

Figura 24 - Média das distâncias percorridas pelos fornecedores nos cenários com origem no CD Amedeu Massari .....	44
Figura 25 - Média do tempo de deslocamento pelos fornecedores nos cenários com origem no CD Amedeu Massari .....	45
Figura 26 - Desvio padrão calculado para a distância percorrida para os fornecedores com origem CD Amedeu Massari.....	46
Figura 27 - Localização dos fornecedores com desvio padrão de distância percorrida acima de 5 com origem no CD Amedeu Massari .....	47
Figura 28 - Distância percorrida conforme cenário para fornecedores com desvio padrão acima de 5 para as rotas com origem no CD Amedeu Massari .....	47
Figura 29 - Localização dos fornecedores com desvio padrão de distância percorrida menor que 1 com origem no CD Amedeu Massari .....	48
Figura 30 - Média distância percorrida nos cenários .....	51
Figura 31 - Erro na geração da rota no cenário 4 para os fornecedores 10 e 11 .....	54
Figura 32 - Exemplo problema ao acesso a vias na geração de rotas no ORS .....	55
Figura 33 - Erro ORS no QGIS.....	56
Figura 34 – Cenário 1: Sem restrição viária (22h-4h).....	65
Figura 35 - Cenário 2: Zonas e vias com restrição (9h-17h) .....	66
Figura 36 - Cenário 3: Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h).....	67
Figura 37 - Cenário 4: Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h-21h) .....	68
Figura 38 - Cenário 5: Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h) .....	69
Figura 39 - Rotas obtidas para o Fornecedor 1 .....	85
Figura 40 - Rotas obtidas para o Fornecedor 2.....	86
Figura 41 - Rotas obtidas para o Fornecedor 3.....	87
Figura 42 - Rotas obtidas para o Fornecedor 4.....	88
Figura 43 - Rotas obtidas para o Fornecedor 5.....	89
Figura 44 - Rotas obtidas para o Fornecedor 6.....	90
Figura 45 - Rotas obtidas para o Fornecedor 7.....	91
Figura 46 - Rotas obtidas para o Fornecedor 8.....	92
Figura 47 - Rotas obtidas para o Fornecedor 9.....	93
Figura 48 - Rotas obtidas para o Fornecedor 10.....	94
Figura 49 - Rotas obtidas para o Fornecedor 11 .....	95
Figura 50 - Rotas obtidas para o Fornecedor 12.....	96
Figura 51 - Rotas obtidas para o Fornecedor 13.....	97

Figura 52 - Rotas obtidas para o Fornecedor 14.....	98
Figura 53 - Rotas obtidas para o Fornecedor 15.....	99
Figura 54 - Rotas obtidas para o Fornecedor 16.....	100
Figura 55 - Rotas obtidas para o Fornecedor 17.....	101
Figura 56 - Rotas obtidas para o Fornecedor 18.....	102
Figura 57 - Rotas obtidas para o Fornecedor 19.....	103
Figura 58 - Rotas obtidas para o Fornecedor 20.....	104

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização dos Centros de Distribuição .....	29
Tabela 2 - Localização dos fornecedores.....	30
Tabela 3 - Análise estatística dos dados de distância para os cenários com origem no CD Marco Polo.....	37
Tabela 4 - Análise estatística dos dados de tempo para os cenários com origem no CD Marco Polo.....	37
Tabela 5 - Distâncias percorridas (CD Marco Polo-Fornecedores) em relação ao cenário base em porcentagem.....	41
Tabela 6 - Tempos de deslocamento (CD Marco Polo-Fornecedores) em relação ao cenário base em porcentagem.....	42
Tabela 7 - Velocidades médias (CD Marco Polo - Fornecedores) em relação ao cenário base em porcentagem.....	42
Tabela 8 - Análise estatística dos dados de distância para os cenários com origem no CD Amedeu Massari.....	43
Tabela 9 - Análise estatística dos dados de tempo para os cenários com origem no CD Amedeu Massari.....	43
Tabela 10 - Distâncias percorridas (CD Amedeu Massari-Fornecedores) em relação ao cenário base em porcentagem.....	49
Tabela 11 - Tempos de deslocamento (CD Amedeu Massari-Fornecedores) em relação ao cenário base em porcentagem.....	49
Tabela 12 - Velocidades médias (CD Amedeu Massari - Fornecedores) em relação ao cenário base em porcentagem.....	50
Tabela 13 - Média das distâncias percorridas por fornecedor.....	51
Tabela 14 - Média dos tempos de deslocamento por fornecedor.....	52
Tabela 15 - Dados de distância e tempo calculados pelo ORS Tools.....	70

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	1
1.1.	Contextualização.....	1
1.2.	Objetivos .....	2
1.1.1.	Objetivos Gerais.....	2
1.1.2.	Objetivos Específicos.....	2
1.3.	Justificativa.....	3
1.4.	Estrutura do trabalho.....	3
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1.	Logística urbana.....	5
2.2.	Logística na cidade de São Paulo .....	9
2.3.	Restrição viária.....	12
2.4.	Modelagem viária .....	15
2.5.	Metodologia aplicada a estudos acadêmicos semelhantes.....	18
2.5.1.	Instâncias para roteirização em regiões urbanas com restrições de circulação .....	18
2.5.2.	Um método para roteirização de veículos em regiões com restrições de circulação ...	19
2.5.3.	Utilização do sistema de informações geográficas no processo de otimização da roteirização do transporte escolar no estado do Espírito Santo .....	21
3.	METODOLOGIA .....	22
3.1.	Caracterização da área do estudo .....	23
3.2.	Bases utilizadas no QGIS .....	24
3.2.1.	Tratamento dos dados .....	24
3.2.2.	Áreas e vias restritas ao tráfego de caminhões.....	26
3.3.	Pontos de interesse.....	29
3.3.1.	Centros de distribuição .....	29
3.3.2.	Fornecedores.....	30
3.4.	Cenários analisados.....	31

3.5.	Matrizes de tempo e distância.....	32
3.5.1.	ORS Tools.....	32
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	36
4.1.	Comparações entre os cenários com origem no CD Marco Polo.....	36
4.2.	Comparações entre os cenários com origem no CD Amedeu Massari .....	43
4.3.	Comparações entre os Centros de Distribuição .....	50
4.4.	Potencialidades e limitações no ORS Tools.....	53
5.	CONCLUSÕES .....	57
	REFERÊNCIAS .....	59
	Apêndice 1 – Cenários analisados .....	65
	Apêndice 2 – Distâncias e tempos calculados pelo ORS Tools .....	70
	Apêndice 3 – Rotas obtidas no ORS Tools .....	85

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Os desafios causados por uma má gestão da logística urbana impactam diferentes grupos. Sob a ótica do operador logístico que, de acordo com Junior (2005), acaba tendo sua eficiência prejudicada pelos congestionamentos e problemas de acesso aos estabelecimentos, impactando nos tempos de entrega e execução de serviços. Já sob o aspecto dos moradores das cidades, a qualidade de vida sofre alterações causadas pela massiva presença de caminhões e poluição sonora/atmosférica. Para o poder público, os impactos surgem sobre a grande dificuldade em regulamentar e minimizar esses desafios e ao mesmo tempo conseguir garantir continuidade da atividade econômica do município, já que a movimentação de cargas é ponto crucial para a economia e abastecimento urbano (GIULIANO & KANG, 2018).

Conforme Oliveira (2022), a acessibilidade empregada ao mundo do transporte diz respeito à capacidade de chegar ao armazém, considerando a infraestrutura para os diferentes tipos de deslocamento até o ponto de interesse (CD, fornecedores etc.). A distância entre clientes e fornecedores impacta diretamente no custo do transporte e pesa na tomada de decisão de ambos os lados.

Segundo Thompson (2003) a logística urbana é um processo de planejamento integrado para distribuição de carga urbana, baseado em um sistema de aproximações (integrações), as quais promovem esquemas inovadores, que reduzem o custo total (econômicos, ambientais e sociais) dos movimentos de carga nas cidades. Para Bowersox (2007), é necessário que a empresa observe os setores operacionais e de suprimentos, realizando uma integração interna e externa dos recursos logísticos por meio de estratégias desenvolvidas com fornecedores e prestadores de serviços, buscando atender os objetivos do negócio e clientes.

É necessário compreender como a localização de Centros de Distribuição (CD) dentro das centralidades urbanas atuam na cidade, sobretudo na cidade mais populosa do país, São Paulo. Quanto mais pessoas no espaço maior será o consumo de mercadorias e serviços, a sociedade industrializada tem como grande valor a “liberdade individual, e as relações de consumo são realizadas tendo em vista mais o

bem-estar e lazer do indivíduo do que as suas próprias necessidades de sobrevivência” (CICHELERO & GALIOTTO, 2020). Portanto, a necessidade de abastecimento continuará se fazendo presente e é necessário balizar as expectativas com os setores privados e públicos, assim como com a sociedade.

A Lei Federal nº 12.587/12 institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana com direcionamentos para o desenvolvimento e políticas urbanas, incluindo transportes, orientando a elaboração de normas municipais para o planejamento do transporte. Entre os objetivos da lei estão: reduzir as desigualdades e promover a inclusão social; promover o acesso aos serviços básicos e equipamentos sociais; proporcionar melhoria nas condições urbanas da população, no que se refere à acessibilidade e à mobilidade; promover o desenvolvimento sustentável com a mitigação dos custos ambientais e socioeconômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas nas cidades; e consolidar a gestão democrática como instrumento e garantia da construção contínua do aprimoramento da mobilidade urbana. Para Bernardes (2015) e Wolpert & Reuter (2012) é percebida a ausência de diretrizes específicas e direcionadoras para o Transporte de Carga Urbanas, incluindo preocupações com o transporte sustentável e qualidade de vida, porém negligenciando o desenvolvimento econômico dos centros urbanos.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivos Gerais**

O estudo possui o objetivo analisar os tempos e distâncias dos deslocamentos causados pela mudança de endereço de um centro de distribuição (CD), localizado na cidade de São Bernardo do Campo para a cidade de Itaquaquecetuba.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

Para alcançar o objetivo geral proposto é necessário elencar os objetivos específicos:

- Compreender os conceitos de logística urbana, logística na cidade de São Paulo, restrição viária e modelagem viária;
- Georreferenciar as origens, destinos, vias e áreas restritas;

- Estipular os cenários a serem analisados;
- Simular as rotas otimizadas entre origens e destinos;
- Entender os impactos das restrições viárias nos tempos e distâncias percorridas pelos caminhões;
- Analisar e comparar os tempos e distâncias obtidos pelas rotas ótimas entre CD's.

### **1.3. JUSTIFICATIVA**

O desenvolvimento deste estudo gera conhecimento para aplicação prática à problemas específicos de roteamento encontrados em empresas, dirigindo-as a soluções que gerarão menos perdas de tempo e custos ao longo dos seus processos logísticos, podendo contribuir na escolha estratégica da localização de centros de distribuição. Não há muitos trabalhos acadêmicos voltados para análise desse tipo de desafio, então, entende-se que o tema se mostra bastante relevante e atual para operadores logísticos e gestores públicos.

### **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos que procuram descrever e embasar as etapas do processo de elaboração deste estudo, sendo eles:

CAPÍTULO 01 – Introdução: é desenvolvido uma breve iniciação sobre os tópicos que serão abordados no decorrer deste trabalho, com ênfase em logística urbana e localização ótima entre fornecedores e clientes;

CAPÍTULO 02 – Revisão da literatura: etapa a qual se apresenta as informações teóricas que auxiliarão no embasamento técnico científico deste trabalho. Divide-se em cinco subitens, entre os quais: logística urbana, logística na cidade de São Paulo, restrição viária, modelagem viária e a metodologia aplicada em outros estudos semelhantes.

CAPÍTULO 03 – Metodologia: apresenta-se os materiais e métodos adotados para desenvolver o TCC, descrevendo de maneira sucinta quais foram os pontos focais

dos softwares e adaptações necessárias na base de dados original. Ainda, explica a metodologia empregada na execução do trabalho.

CAPÍTULO 04 – Resultados Esperados: etapa onde é detalhada quais foram os resultados atingidos com o desenvolvimento do trabalho e os pontos principais obtidos, respondendo os objetivos específicos propostos.

CAPÍTULO 05 – Conclusões: após as comparações observadas nos resultados, as ideias finais do estudo e são apresentadas e sugestões para continuação do estudo.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica que embasa a análise dos impactos no tempo e deslocamento causados pela realocação de um centro de distribuição, inicialmente localizado na cidade de São Bernardo do Campo para Itaquaquecetuba, considerando as restrições viárias de circulação impostas pelo poder público ao trânsito de caminhões, no município de São Paulo. As restrições foram apontadas no estudo pois as rotas geradas passarão pela capital, visto que o município de alocação dos fornecedores.

São abordados tópicos importantes para a estruturação do trabalho divididos em cinco pontos: 2.1) conceituação de logística urbana, importância e problemas envolvidos; 2.2) breve estudo sobre a logística na cidade de São Paulo; 2.3) restrição viária como uma forma de minimização dos impactos provocados pelo transporte de carga nos centros urbanos e as influências nos custos para as empresas; 2.4) a modelagem viária e introdução ao software QGIS e, por fim, 2.5) breve apresentação de três estudos com finalidades semelhantes a esse trabalho de simular rotas considerando presença de restrições.

### **2.1. LOGÍSTICA URBANA**

Com o avanço da globalização, da tecnologia de produção e da comunicação a cultura do consumo se apresenta cada vez mais forte, enraizando-se na sociedade e mostrando como o ato de consumir ultrapassa o fenômeno de produção e distribuição de cargas (CICHELERO & GALIOTTO, 2020). Com o aumento do consumo cresce a necessidade de se pensar na logística urbana, possuindo notável impacto na estrutura das cidades.

Segundo Taniguchi e Thompson (2015), a logística urbana é definida pelo processo de total otimização das atividades logísticas e de transporte por empresas privadas, com a utilização de sistemas avançados de informação, em áreas urbanas, considerando o ambiente de trânsito, o congestionamento e a economia de energia, em uma estrutura de economia de mercado. Para Oliveira (2012), a definição integra sustentabilidade, já que se baseia na tríade dos custos de distribuição, contextos sociais e ambientais. A Logística Urbana associada a soluções inovadoras, busca

reduzir as deseconomias, tornando a totalidade do sistema mais efetivo em busca da diminuição dos problemas logísticos e na melhoria da qualidade (OLIVEIRA, 2007).

Os pesquisadores Chopra e Meindl (2010) destacam a importância da logística para as atividades de desenvolvimento econômico e colocam que “raramente o produto é produzido próximo ao consumidor”. Estudos da Fundação Dom Cabral apontam que de 2015 a 2017 o crescimento dos custos logísticos em cerca de 15,5 bilhões de reais para as empresas brasileiras.

O frete impacta fortemente na composição dos custos (RESENDE *et al.*, 2014; BALLOU, 2001), confirmado por Teixeira (2015) “o transporte de produtos acabados e matéria-prima representa o principal fator de custo logístico, seguidos pelos custos de armazenagem e de distribuição urbana, respectivamente”. Segundo Reis e Constante (2011) a análise dos custos logísticos totais é fundamental nas organizações, visando que fiquem menores para que seja possível reduzir despesas.

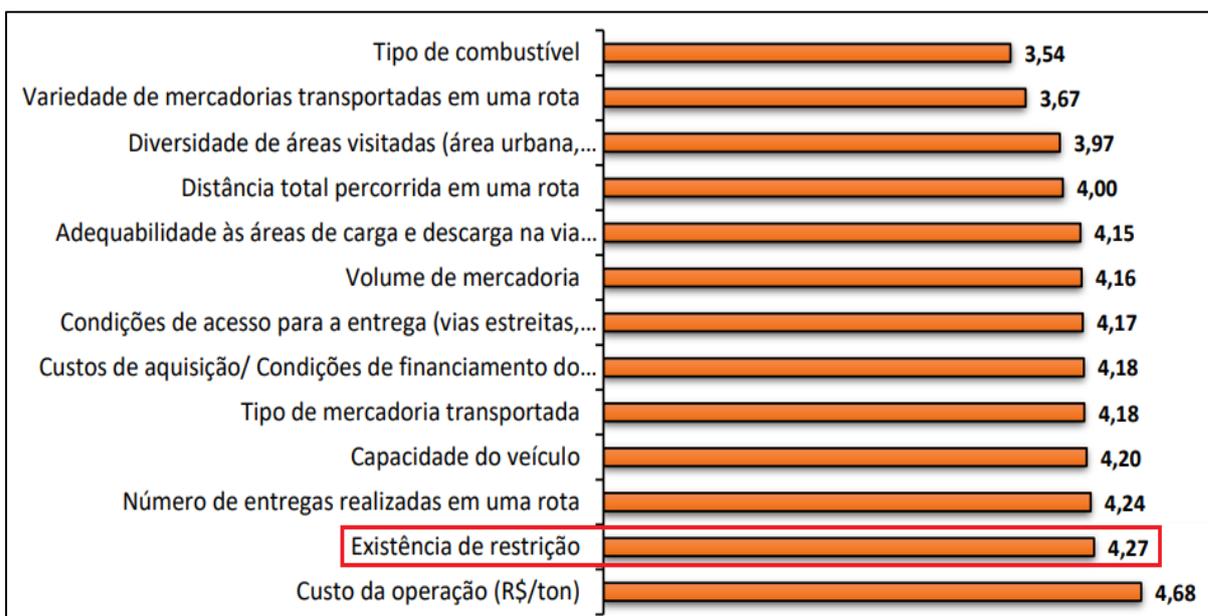
Ainda que seja algo essencial, o transporte de mercadorias causa alguns impactos negativos na vida da população. Segundo Zapata (2020), tornou-se um problema real para a mobilidade, trazendo danos ao meio ambiente com a emissão de poluentes, ocupação exacerbada das vias e na infraestrutura física e paisagística das cidades, congestionamentos e contribuindo negativamente para a competitividade entre as empresas que necessitam desse serviço. Embora o transporte de cargas nas cidades represente entre 20 e 30% do tráfego rodoviário gerado, este é responsável por gerar entre 16 a 50% da emissão de poluentes atmosféricos resultantes das atividades de transporte em um município (DABLANC, 2007).

Um estudo de logística urbana da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2018), analisando as condições do transporte de carga em sete regiões metropolitanas do país, incluindo São Paulo (SP), Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR), Porto Alegre (RS), Goiânia (GO), Recife (PE) e Manaus (AM), mostrou que a urbanização acelerada do Brasil nas últimas décadas, adicionou complexidade e desafios para a logística de abastecimento das cidades, onde vivem 84% da população brasileira (IBGE) e circulam 96,7 milhões de veículos automotores. Os problemas comuns encontrados nas regiões metropolitanas analisadas foram:

- Falta de planejamento – municípios implantando restrições viárias sem dialogar com os setores impactados e sem a devida integralização com os municípios do entorno e falta de divulgação dessas regras;
- Carência de dados e estudos – a ausência de dados passa a ideia simplista que proibindo o trânsito de caminhões em determinadas vias sanaria os problemas causados pela logística urbana (congestionamentos, poluição, entre outros);
- Variação grande nas leis de restrição entre as vias dentro do mesmo município;
- Janelas horárias de entrega – o modelo dificulta o planejamento das entregas por razões das condições de recebimento dos estabelecimentos;
- Sinalização de trânsito precária ou em contradição com as normas;
- Fiscalização de trânsito insuficiente impactando no cumprimento das regras e fluidez do trânsito;
- Aumento do número de viagens devido a escolha por veículos menores na realização das entregas;
- Falta de locais adequados para carga e descarga;
- Baixo investimento na melhoria da infraestrutura viária.

Uma pesquisa realizada pela Fundação Dom Cabral (FDC) em parceria com pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em 2018, analisando 202 empresas logísticas em todo o país. A Figura 1 mostra que a existência de restrições viárias é um fator muito importante na escolha do veículo para realização do transporte, conforme as empresas entrevistadas.

Figura 1 - Fator de influência na escolha do veículo para realizar o transporte

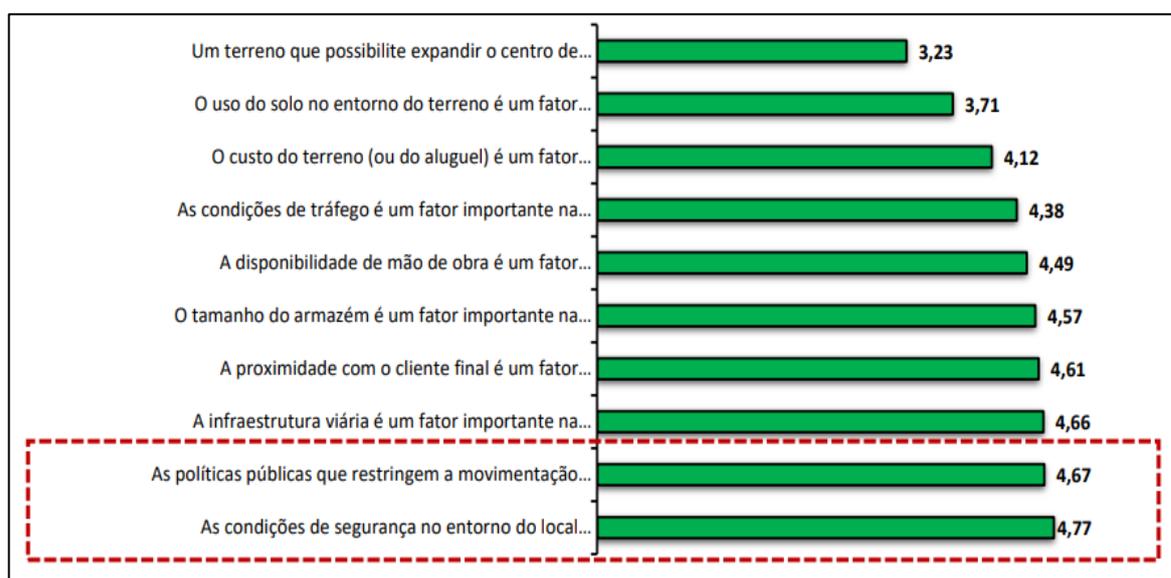


Fonte - Fundação Dom Cabral, 2018.

Neste mesmo estudo, entre os pontos levantados para maior importância da escolha da localização do centro de distribuição (ou armazém) foram as políticas públicas que restringem a movimentação e as condições de segurança no entorno do

local, conforme trazido na Figura 2. A indisponibilidade dos locais para carga e descarga também se apresenta como um ponto de impacto na distribuição urbana de mercadorias. A produtividade requerida pelo transporte de carga resulta em estacionamentos inadequados, dificultando a fluidez do trânsito e trazendo prejuízos para a segurança viária (CARRARA, 2013). Conforme Carrara (2007) e Robusté *et al.* (2003), em várias cidades, apenas 10% da oferta de estacionamento ao longo do meio fio se dedica à carga e descarga em horários mais extensos, conseqüentemente, 70% dos veículos estacionam em locais irregulares próximo aos seus destinos.

Figura 2 - Fatores de influência na escolha da localização do centro de distribuição (ou armazém)



Fonte - Fundação Dom Cabral, 2018.

Nos resultados da pesquisa entre as cidades onde o impacto da implementação de políticas públicas de restrição de veículos de carga dificulta as entregas, o município de São Paulo aparece na primeira posição, de acordo com a opinião das empresas entrevistadas. O tópico “As políticas públicas que restringem a movimentação” possui forte impacto no custo da distribuição urbana. As empresas acreditam que não há planejamento para implementação das restrições de circulação de veículos de carga nas áreas urbanas. As duas iniciativas propostas consideradas de maior importância, foram: plano de mobilidade de carga urbana e diretrizes técnicas para áreas de carga e descarga em vias públicas.

Conforme Ogden (1992), os veículos de carga abrangem todos os caminhões com dois ou mais eixos cujo Peso Bruto Total (PBT) exceda 4,5 toneladas e os

caminhões urbanos no Brasil são classificados segundo suas dimensões e relação peso/tonelagem de carga transportada. Neste estudo o foco será no tipo caminhão cegonha, que possui restrições de deslocamento em algumas vias da cidade de São Paulo.

## 2.2. LOGÍSTICA NA CIDADE DE SÃO PAULO

O município brasileiro de São Paulo é a capital do estado de mesmo nome e a localização no mapa do Brasil está representada na Figura 3. São Paulo apresenta-se como a cidade mais populosa da América do Sul, possuindo grande influência no cenário global econômico, cultural e político e ocupa a posição 11<sup>o</sup> como a cidade mais globalizada do planeta, de acordo com a *Globalization and World Cities Study Group & Network* (GaWM). Detém o maior PIB (Produto Interno Bruto) do país tendo avançado em 5,7% em 2021, conforme a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). O PIB é o indicador que reflete a soma de todos os bens e serviços produzidos em um dado período de uma determinada região (IBGE).

Figura 3 - Localização da cidade de São Paulo



Fonte – Site “Toda matéria”.

Em 1986 o Plano Urbanístico Básico foi proposto na cidade e, atualmente, é conhecido como Plano Diretor Integrado de Desenvolvimento de São Paulo. Um dos resultados desse plano foi a implementação da Lei de Zoneamento, agora Plano Diretor, e mais tarde nos termos do §1º do artigo 10 da Resolução CONAMA 237/1997 trazendo as determinações de uso e ocupação do solo.

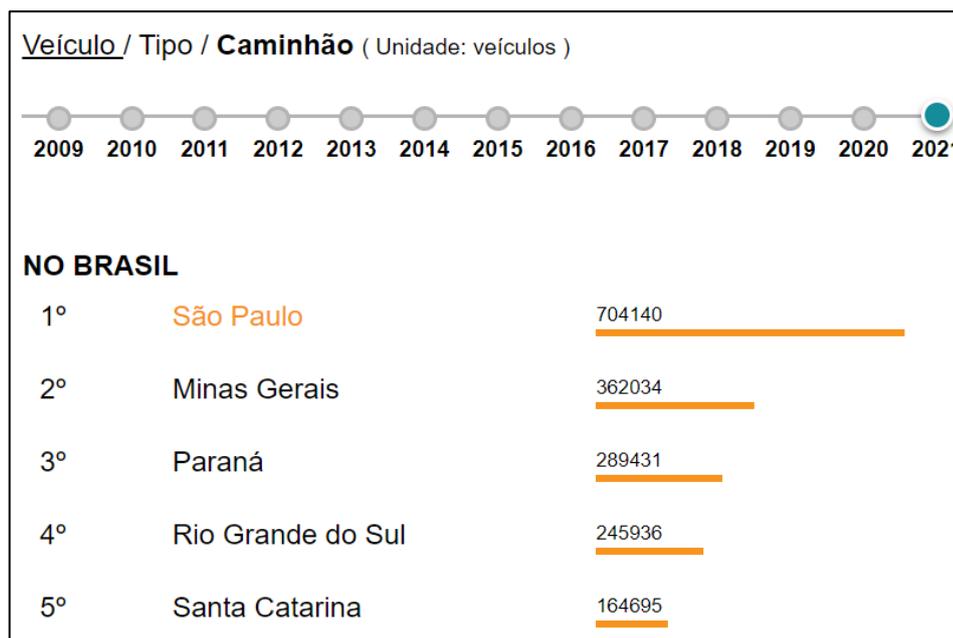
A concentração de pessoas acaba gerando uma pressão sobre o espaço urbano, causando desafios às autoridades e à população nos termos de regulamentação, uso do solo, manutenção, ampliação da rede viária, legislação e fiscalização específicas sobre a circulação de veículos e da gestão de tráfego. Devido a estrutura econômica e ao tamanho da cidade de São Paulo o problema de movimentação de cargas possui difícil solução a curto prazo (JUNIOR, 2011).

Assim, como a maioria das grandes cidades, São Paulo possui problemas de trânsito com congestionamentos de veículos, não restritos somente aos horários de pico. Desde 1996 a prefeitura vem implementando algumas medidas restritivas para tentar minimizar o número excessivo de veículos circulando pelas vias, como, por exemplo, o rodízio de veículos, restrição de estacionamentos e de circulação de caminhões e veículos de carga. Entre as vias com restrições estão grandes vias estruturadoras que cortam o município, como, a Marginal Tietê, Marginal Pinheiros e Rodoanel Mário Covas. A elas conectam-se diversas rodovias estaduais e federais,

Nos grandes centros urbanos, as transportadoras logísticas muitas vezes descumprem os prazos de entrega das cargas, seja por motivos externos como o alto volume de veículos circulando nas vias, pontos ruins de tráfego em épocas de chuva causando alagamentos, rodízio municipal de placas, ou seja, por motivos internos, como a má gestão e distribuição, excesso de carga nos centros de distribuição, perda de prazos, entre outros (Leal *et al.*, 2021).

A distribuição da frota de caminhões nos estados brasileiros está disponível na Figura 4, onde São Paulo se encontra no topo da lista com cerca de 51% a mais de número de caminhões que volume de Minas Gerais, segundo colocado no ranking. Considerando que São Paulo é o estado mais populoso do país, possuir a maior frota de veículos de carga se mostra razoável devido ao maior volume de demanda.

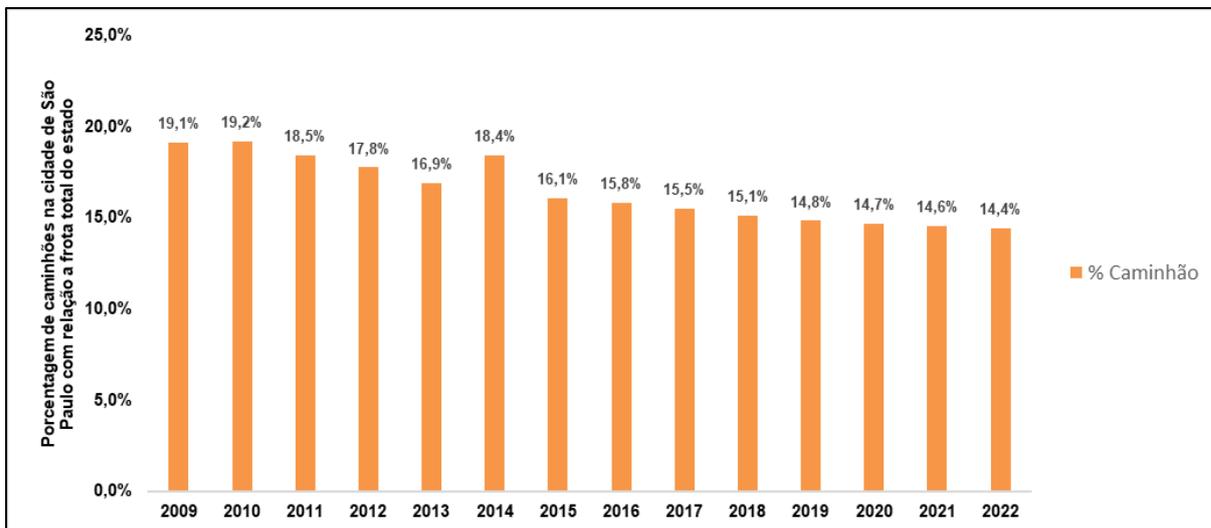
Figura 4 - Frota de caminhão no estado de São Paulo



Fonte - IBGE, 2023.

Pelo estudo da literatura demonstra-se que quanto maior a população da cidade maior será o fluxo logístico e o número de caminhões circulando para que seja possível atender as necessidades locais. Na Figura 5, pode-se analisar que, apesar da maior parcela de caminhões circularem nos municípios do interior do estado de São Paulo, a parcela concentrada na capital se mostra expressiva em vista do todo. Junior (2005) traz que a movimentação de carga para a cidade é um mal necessário, já que não sobrevive sem estes fluxos, tornando-se vital ao poder público desenvolver um planejamento urbano que contemple esta variável, monitorando o desempenho dos sistemas de movimentação de veículos e de cargas e prevendo demandas futuras destes fluxos. Não foi possível validar o crescimento populacional do estado e da cidade de São Paulo com relação a variação da frota, pois os dados disponíveis não possuem a mesma base histórica, disponibilizando apenas os dados referentes ao Censo de 2010.

Figura 5 - Porcentagem de caminhões registrados no município de São Paulo com relação ao total registrado no estado de São Paulo



Fonte - IBGE, 2023.

Conforme Ojeda Larrosa (2021), ao mesmo tempo que o cliente busca rapidez no recebimento dos pedidos, a logística na cidade de São Paulo enfrenta desafios, observados na maioria das outras capitais, com relação a qualidade ruim da infraestrutura viária, tráfego carregado e com gargalos impactando a eficiência da mobilidade.

### 2.3. RESTRIÇÃO VIÁRIA

A movimentação da carga urbana está diretamente ligada a circulação, manobras e operações de carga e descarga utilizando caminhões e, quando não existe um controle adequado, torna-se um problema para a segurança viária. Os impactos tangem os níveis de serviço das vias, custos e tempos de viagem, qualidade do serviço prestado, dimensionamento dos veículos, entre outros (CARVALHO, 2000 *apud* LIMA *et al.*, 2005).

Para a carga urbana, a alta densidade urbana implica na maior necessidade de transporte de mercadorias, consequentemente, a capacidade do tráfego viário será afetado. As estratégias para mitigar os impactos negativos buscando manter a qualidade e não influenciar negativamente na economia se fazem necessárias. Para subsidiar a inserção do transporte urbano de carga como elemento do planejamento, compreender a relação da carga com o uso e ocupação do solo é essencial, já que influencia na configuração espacial do município e como será utilizado (MARINS &

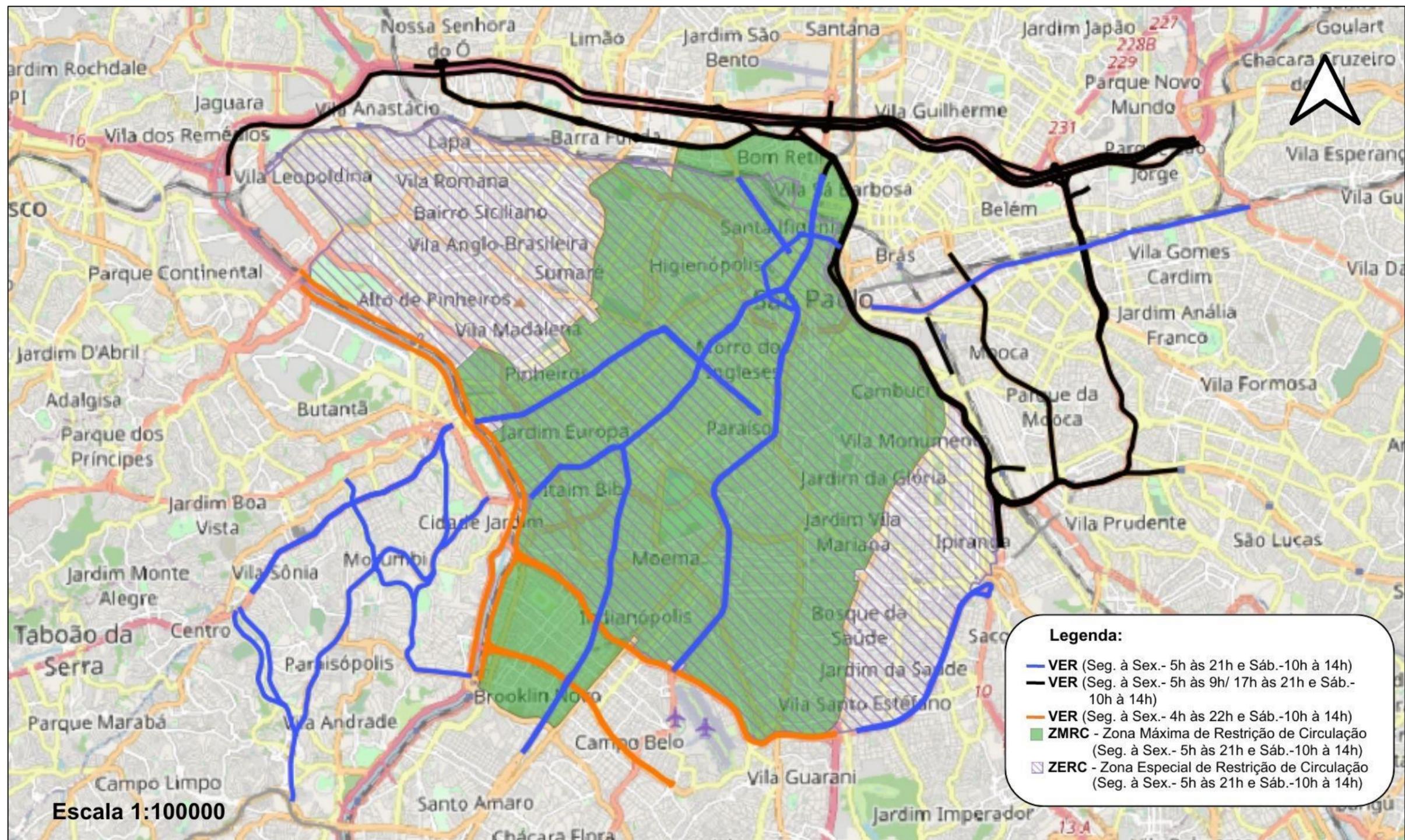
SILVA, 2019). A estrutura urbana e as medidas que vêm sendo tomadas para minimizar os problemas acabam diminuindo a eficiência logística do sistema de transporte e a acessibilidade, resultando em aumento dos tempos de viagem, menor qualidade do serviço e mal dimensionamento (DUTRA *et al.*, 2013; CARRARA, 2007).

A Portaria N° 137/18-SMT.GAB (Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes – Departamento de Operações do Sistema Viário) regulamenta as áreas e vias com restrição ao trânsito de caminhões e fixa os procedimentos referentes ao cadastro das Autorizações Especiais de Trânsito para Caminhões – AETC nos termos do Decreto nº 56.920, de 08 de abril de 2016, considerando a existência de áreas e vias com restrições ao trânsito de caminhões e a importância de garantir o abastecimento, a prestação de serviços e a segurança da população, bem como a melhoria das condições de mobilidade de pessoas e bens, e de fiscalização de trânsito nas vias e logradouros públicos do Município.

Na Figura 6 é possível observar as vias e áreas que possuem restrição de circulação para caminhões em São Paulo divididas da seguinte maneira:

- Zona de máxima restrição de circulação (ZMRC) – Área restrita ao trânsito de caminhões ocorrendo de 2ª a 6ª feiras entre às 5h até às 21h e aos sábados das 10h às 14h. Somente caminhões devidamente cadastrados e autorizados poderão transitar nos horários de restrição, conforme previsto na legislação vigente;
- Zona especial de restrição de circulação (ZERC) – Áreas ou vias localizadas em zonas exclusivamente residenciais com necessidade de restrição ao trânsito de caminhões de 2ª a 6ª feiras entre às 5h até às 21h e aos sábados das 10h às 14h, a fim de promover condições de segurança e/ou qualidade ambiental, assim como na ZMRC, apenas veículos com autorização podem transitar nos horários restritos;
- Vias estruturais restritas – (VER) – São vias e seus acessos que possuem restrições de circulação ao trânsito de caminhões em alguns dias e horários específicos, sendo algumas vias de 2ª a 6ª feiras entre às 5h até às 21h e aos sábados das 10h às 14h e, algumas outras, de 2ª a 6ª de 5h às 9h e entre 17h às 21h. São vias com características de trânsito rápido ou arterial, praças, túneis, viadutos e pontes que constituem essas vias.

Figura 6 - Mapa Restrição de Circulação Viária para Veículos Pesados



Fonte – Adaptado pela autora.

Somente caminhões devidamente cadastrados e autorizados poderão transitar nos horários de restrição, conforme previsto na legislação vigente, contemplando os casos:

- Em período integral: para acesso a estacionamento próprio, cobertura jornalística, controle de zoonose, serviço postal, serviços essenciais de sinalização de trânsito, guinchos, transporte de valores e VUC (veículo urbano de carga). De acordo com o Decreto nº 56.920/16, VUC apresenta as seguintes características: I – largura máxima até 2,20 metros; II – comprimento máximo 7,20m e III – data de fabricação a partir de janeiro de 2005;
- Todos os dias entre 5h e 16h: para serviço de concretagem, feiras livres, mudanças, obras e serviços essenciais, remoção de terra e entulho e transporte de material imunológico;
- Todos os dias entre 10h e 16h: Transporte de caçambas e transporte de produtos perigosos (com até 2 eixos traseiros) para consumo local e outros;
- Todos os dias entre 21h e 16h: Coleta de lixo;
- Segunda a sexta entre 5h e 12h e sábado entre 10h e 14h: para transporte de produtos alimentares perecíveis;

Iniciativas em políticas públicas de logística urbana tentam abordar esse paralelismo, buscando orientar as atividades de distribuição e a dinâmica das cidades para alcançar o desenvolvimento econômico e fazer essas alterações de maneira a impactar o mínimo possível o sistema ambiental das centralidades urbanas (FERNANDA & PABLO, 2017).

#### **2.4. MODELAGEM VIÁRIA**

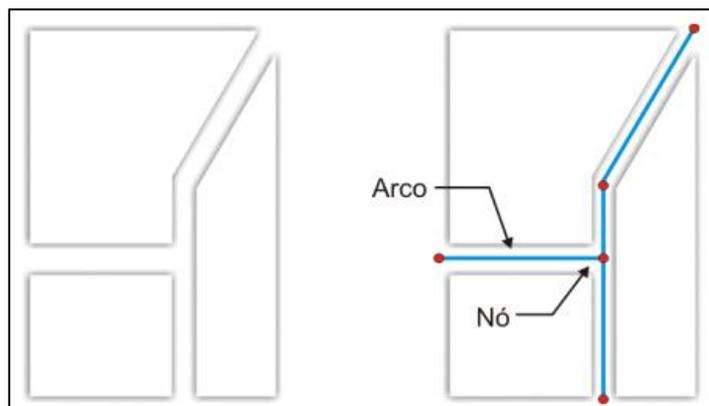
Um modelo de dados é uma representação do mundo real dentro do domínio de um sistema computacional (SANTOS, 2006). Quando se trata de informações espaciais, deve-se considerar o conceito de georreferenciamento. Conforme Assad & Sano (1998), georreferenciar é representar uma entidade de forma que suas informações geográficas sejam mantidas, como, por exemplo: dados de localização e dimensões. Para Comunello (2006) *apud* Santos (2006), um sistema de

posicionamento permite que qualquer pessoa consiga saber sua posição geográfica, localizar caminhos, conhecer velocidades etc.

A modelagem da rede é armazenada, manipulada, analisada e mapeada com os dados espaciais em um SIG (Sistemas de Informações Geográficas). Carrara (2007) diz que o SIG fornece uma estrutura para integrar a rede de trabalho viária e os dados de desempenho, permitindo uma representação real da rede construída. O SIG, atualmente, é a melhor ferramenta para solucionar problemas de organização de dados em modelos espaciais. Nesse trabalho o *software* QGIS será o SIG empregado. Arquivos geográficos são utilizados pelo QGIS para criar mapas de sistemas de transporte e instalações, essa “área de trabalho” é fundamental para utilizar a capacidade analítica do *software*.

Para Santos (2006), os fenômenos da vida real podem ser representados por alguns tipos de dados: temáticos (distribuição espacial de uma grandeza expressa de forma qualitativa), cadastrais (associação de atributos com elementos gráficos em formato vetorial), redes (carregam informações referentes a serviços de utilidade pública), numéricas e imagens. A representação da malha rodoviária urbana é trabalhada com o conceito de rede, sendo desenvolvida pelo conjunto de arcos (vértices direcionados) e nós. A representação é vista na Figura 7 e é denominada grafo, onde são armazenadas as informações sobre recursos de cada trecho ou nó presente na rede.

Figura 7 - Representação de vias com a Topologia Arco-Nó



Fonte - SANTOS, J. A. (2006)

Um grafo é um conjunto de objetos (ou vértices) e de arestas, que são associados a outros nós pertencentes a outro vértice. A aresta é identificada pelo par de nós a ela associados. Ou seja, um grafo é composto por um conjunto de pontos (vértices) conectados por linhas (arestas), sendo que, dependendo da aplicação, as arestas podem ter informações de direção. Caso seja orientada ou possua peso é chamada, respectivamente, de “dígrafo” ou “ponderado” (SANTOS, 2006).

Muitos problemas práticos podem ser modelados em grafos. O problema do caminho mínimo é um dos seus clássicos problemas. De acordo com Cormen (2001), o problema do cálculo do caminho mínimo consiste na procura pelo deslocamento de menor custo associado entre vértices. O termo “atributo” se refere aos fatores condicionais do uso da via (restrições viárias, mão direcional, número de faixas, entre outros).

A OpenStreetMaps (OSM) é um mapa livre editável que fornece dados mapeados e fornecidos mundialmente por dados de GPS portáteis, fotografias aéreas, imagens de satélite e algumas outras fontes livres, sob licença Open Database License. O download dos dados do OSM pode ser realizado diretamente no QGIS pelos complementos. Conforme Silva (2016), os principais elementos que compõem a base de dados do OSM são os nós (servindo com um identificador único, com latitude e longitude), caminhos ou arestas (lista ordenada de nós, representando ruas, rodovias, entre outros, com direções), relações (delimitação de fronteiras geográficas e outras informações qualitativas, por exemplo) e rótulos (atribuindo significado a elementos

associados, como velocidade máxima da via, podendo haver vários rótulos conectados a um mesmo elemento).

A apresentação desses conceitos é crucial para o entendimento da metodologia aplicada no trabalho. A definição das rotas segue a modelagem viária proposta no OSM, implicando na composição dos resultados demonstrados.

## **2.5. METODOLOGIA APLICADA A ESTUDOS ACADÊMICOS SEMELHANTES**

Os estudos trazidos nessa seção foram pesquisados na web em buscadores acadêmicos utilizando as palavras-chave: QGIS, restrição viária e roteirização. Foram selecionados três trabalhos que possuem objetivos semelhantes ao deste, porém, como não há muitos estudos acadêmicos com o viés para roteamento e restrições viárias na área de transporte, foram mostrados um artigo científico e um trabalho de conclusão de curso da área da engenharia de computação. Ainda que o objetivo seja equivalente, os métodos resolutivos permeiam mais a criação e aperfeiçoamento de algoritmos, algo que não foi aplicado neste trabalho.

### **2.5.1. Instâncias para roteirização em regiões urbanas com restrições de circulação**

O artigo de Aloise *et al.* (2018) propôs em seu objetivo a utilização de um algoritmo capaz de modelar o problema da roteirização de uma distribuidora localizada no estado de São Paulo, responsável por realizar entregas em três cidades brasileiras onde há presença de restrições viárias, sendo: São Paulo, Fortaleza e Recife.

Os autores utilizaram o SIG QGIS para roteirizar e demonstrar os resultados do estudo. O OpenStreetMaps (OSM) foi um complemento adicionado ao QGIS para definição dos mapas das regiões analisadas, identificando e agrupando as vias restritas de acordo com os horários de restrição, tipo de veículos e clientes. Assim, obtiveram matrizes de custos para os vinte e sete cenários distintos propostos.

As vias restritas foram removidas dos cenários pela atribuição de custos extremamente elevados a essas vias, de forma que o algoritmo evitasse essas vias em busca dos menores custos totais no deslocamento dos veículos. O custo final para cada cliente dependerá do cenário em que estará alocado, da demanda média de

pedidos, tempo de serviço, janela de entrega e se pertence a alguma área de restrição, características determinantes para a divisão dos cenários que, conforme os autores, já que se aproximam das características reais encontradas nas empresas.

Na metodologia foi utilizado o caminho mínimo para a geração das matrizes de tempo de viagem e distância entre rotas, onde as velocidades médias de tráfego das vias foram determinadas pelo OSM. Já as matrizes de custo foram calculadas baseadas no tempo de deslocamento entre clientes, sendo a distância dividida pela velocidade média.

Os autores concluíram que o processo utilizado para a construção dos cenários é replicável a outros municípios brasileiros, e a utilização de instâncias é positiva por se assemelhar à realidade das cidades e empresas responsáveis pela distribuição de cargas. Uma limitação do estudo é o volume de mapas necessários em cidades com maior nível de restrições, gerando complexidade no desenvolvimento do algoritmo de método heurístico.

### **2.5.2. Um método para roteirização de veículos em regiões com restrições de circulação**

Vasconcelos Filho (2018) sugere um método heurístico para solucionar o problema de roteirização em cidades que possuem restrições de circulação. O método utiliza algoritmos e manipulado em diferentes cenários, modificando a quantidade de pedidos conforme cliente e número de restrições de circulação.

Entre os objetivos do autor estão a implementação meta-heurística para a estratégia de dependência de tempo e clusterização, alinhado com os objetivos deste trabalho em questão, que avaliará o impacto nos tempos de deslocamento entre fornecedores e os centros de distribuição separados por grupos conforme tipo de restrição.

O autor traz definições com relação ao VRP, que é um problema de otimização com a finalidade de definir rotas para veículos estacionados em um ponto e que seguirão para clientes, apresentando-se como uma extensão do problema do caixeiro viajante (TSP - *Travel Salesman Problem*). A diferença entre os dois problemas de otimização é que no VRP existe a possibilidade de seguir diferentes caminhos, já o

TSP só há uma rota possível. O problema pode ser representado por um grafo com vértices e arestas, consistindo em encontrar rotas de modo a minimizar o custo total, satisfazendo as condições: cada cliente é visitado apenas uma vez, rotas iniciam e terminam no mesmo depósito, capacidade do caminhão respeitada.

De acordo com Vasconcelos (2018), o problema VRP foi introduzido por Malandraki e Daskin em 1992, criando rotas otimizadas entre clientes em que o tempo depende de diferentes variáveis. O autor utilizou três informações para chegar aos resultados do estudo: dependência de tempo, janela de atendimento e frota heterogênea, todas variando conforme restrições de circulação aplicadas.

Na metodologia o autor apresentou algoritmos possíveis para alcançar a solução ótima para que fosse comparado os resultados obtidos de cada um deles, sendo: algoritmos exatos, heurística, meta-heurística, VND (*Variable Neighborhood Descent*) e GRASP. O fluxograma do trabalho consiste em identificar as vias restritas, agrupá-las e realizar ajustes no mapa, definir clientes, calcular matrizes de custo, alterar os dados de entrada para validação da modelagem e, por fim, executar o algoritmo e alcançar resultados.

A comparação entre os algoritmos aplicados no problema levou em consideração alguns tópicos, entre eles: distância total percorrida, tempo total gasto, quantidade de rotas geradas e o tempo de execução. O GRASP se destacou em termos de distância total nas cidades de São Paulo e Fortaleza, já em Recife o VND obteve melhor desempenho, ou seja, a região e suas restrições impactam a roteirização. Para o tópico de tempo total o VND foi cerca de 12% melhor que o GRASP, segundo melhor com relação ao tempo. Para o atributo de quantidade de rotas o GRASP foi melhor em todos os casos. O método heurístico viabilizou ajustes nas rotas, impedindo que os veículos adentrassem vias restritas.

Apesar de o processo de modelagem com restrições e diferentes mapas de restrição serem dispendiosos, empresas podem reduzir o tempo de planejamento e aumentar assertividade no processo de roteirização. Além de trazer outros benefícios secundários como, por exemplo, a diminuição de liberação de dióxido de carbono para a atmosfera, redução dos custos com combustível e manutenção de veículos advindos da otimização das distâncias.

### **2.5.3. Utilização do sistema de informações geográficas no processo de otimização da roteirização do transporte escolar no estado do Espírito Santo**

Patricio e Barcelos (2022) compararam as rotas realizadas pelos veículos responsáveis pelo transporte escolar do município de Domingos Martins, localizado no estado do Espírito Santo, sem a utilização de uma ferramenta de georreferenciamento e após a implementação de um SIG. Entre as restrições impostas a roteirização estão: o limite máximo do trajeto da casa dos alunos até a escola e a capacidade veicular.

O primeiro passo foi a construção de um fluxograma contemplando as etapas de levantamento de dados como, por exemplo, localização geográfica da escola e dos alunos como uma tabela de atributos, base georreferenciada da cidade, elaboração das rotas sem a utilização do SIG, otimização das rotas no software QGIS e cálculo do custo operacional de transporte. Para a etapa de elaboração dos caminhos já realizadas pelos veículos de transporte escolar, nomeado como cenário 1 pelos autores, foi necessário acompanhar em campo utilizando GPS de navegação como auxílio. As rotas otimizadas no QGIS foram denominadas como cenário 2.

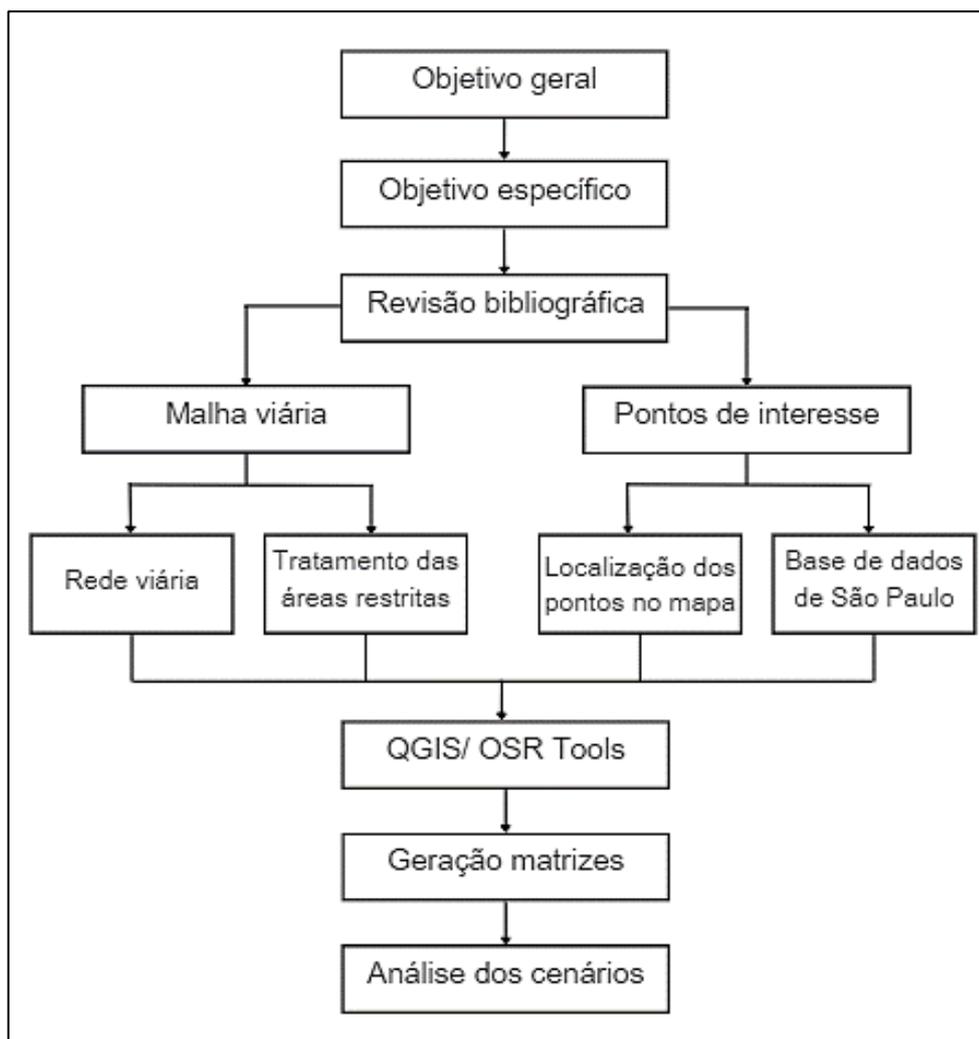
O cálculo do custo operacional de transporte é formado pelo custo de capital somado ao custo variável, utilizando o método de cálculo “Cálculo de tarifas de ônibus urbanos – Instruções práticas atualizadas” (EBTU/GEIPOT, 1982). No cenário 2 é permitido identificar melhor o caminho percorrido pelos veículos e assegurar a otimização do trajeto, ao contrário do que ocorria no cenário 1, assegurando menores custos totais de transporte. No entanto, seria preciso refinamento da malha rodoviária da base georreferenciada das cidades para que os traçados sejam contínuos e não haja perda de eficiência na montagem das rotas no SIG.

### 3. METODOLOGIA

Para alcançar os resultados analíticos desse estudo foram utilizadas algumas bases de dados de: restrição de circulação viária e dos endereços referentes aos fornecedores e centros de distribuição. O software aplicado para integração das informações georreferenciadas foi o QGIS, com apoio dos complementos OpenStreetMaps (OSM) e ORS Tools, responsável pela geração das rotas otimizadas. Posteriormente, as matrizes formadas com valores relativos as distâncias percorridas e tempos de deslocamento entre rotas foram compilados no formato de planilha eletrônica.

O trabalho seguiu o fluxograma apresentado na Figura 8, iniciando pelo objetivo geral que é analisar o comportamento dos tempos e distâncias dos deslocamentos originados nos CDs até os fornecedores, passando pelos objetivos específicos, responsáveis por trazer base na condução do estudo, revisão bibliográfica trazendo robustez metodológica, em seguida, divide-se em duas vertentes de coleta de dados da malha viária da cidade e dos pontos de interesse do estudo, tratamento dos dados e geração das rotas e matrizes otimizadas e, por fim, análise dos cenários com os resultados obtidos.

Figura 8 - Fluxograma metodológico



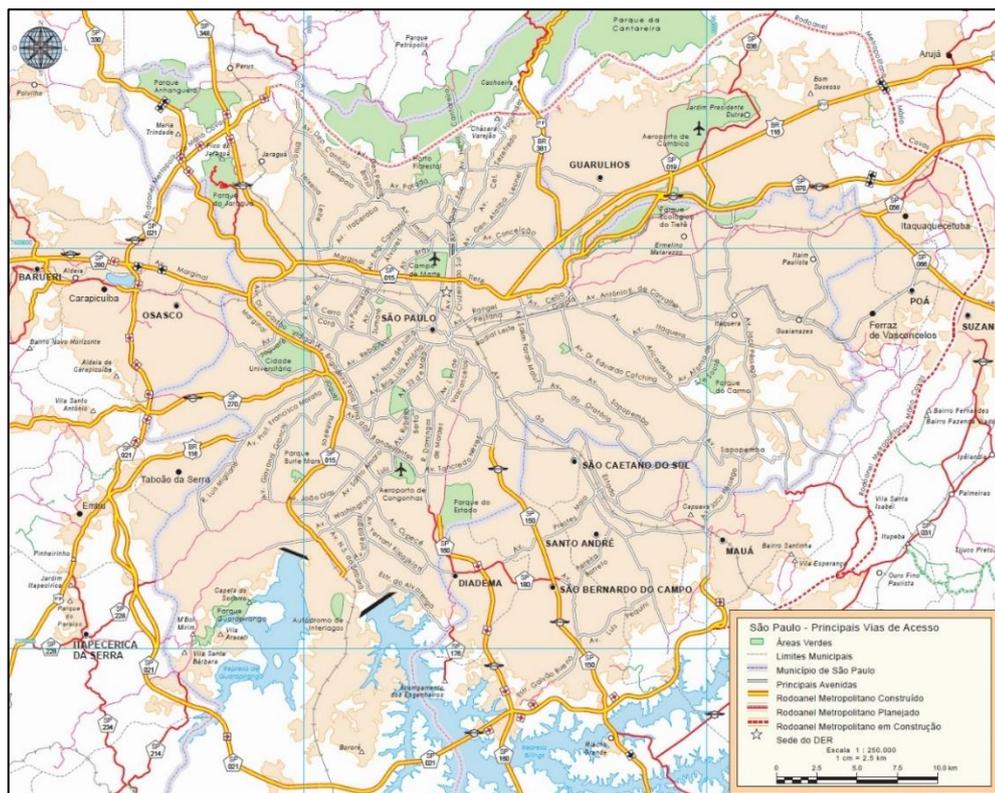
Fonte: Elaborado pela autora

A abordagem metodológica foi classificada como quantitativa, visto que considera algumas variáveis que podem ser mensuradas, sendo possível quantificar, classificar e realizar diferentes tipos de análises. Os dados foram analisados utilizando estatística descritiva.

### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

Este trabalho se propôs a estudar roteirização de transporte de cargas na cidade de São Paulo por ser um município que possui grande estrutura de base de dados disponibilizadas no modelo *shapefile*, formato necessário para ser processado no SIG. Na Figura 9 é possível observar as principais vias de acesso ao município.

Figura 9 - Principais vias de acesso a cidade de São Paulo



Fonte - DER SP (2013)

## 3.2. BASES UTILIZADAS NO QGIS

### 3.2.1. Tratamento dos dados

Para que as bases georreferenciadas fossem corretamente manuseadas no QGIS, foi importante observar alguns aspectos nos dados que serão apresentados nos subtópicos subsequentes.

Os arquivos originais e produzidos, necessariamente precisariam estar no mesmo SRC (Sistema de Referência de Coordenadas) para evitar distorções geográficas. O SRC adotado pelo OSM é o EPSG:3857-WGS 84 e, para as demais bases listadas o SRC utilizado foi o EPSG:4326 – WGS 84, sendo elas:

- Bases originais do GeoSampa (Prefeitura Municipal de São Paulo);
- Pontos situando os CDs e fornecedores;
- Linhas e polígonos criados;
- Rotas simuladas.

As diferenças relativas ao sistema de referência foram identificadas em algumas bases originais do GeoSampa, que se encontravam em SAD 69 (*South American Datum*). Nos anos 2000 o SAD 69 foi substituído oficialmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pelo SIRGAS 2000. Para que as informações do GeoSampa e o OSM estivessem na mesma referência, possibilitando as análises, houve a necessidade de reprojetar os arquivos modificando as propriedades das camadas para a considerada no projeto.

Outro tratamento efetuado foi na transformação de linhas para polígonos, sendo importante para etapa de inserção de polígonos a serem evitados na geração de rotas no OSR. As zonas de restrição (ZMRC e ZERC) já se encontravam no formato de polígono, diferentemente das vias restritas (VER), originalmente no formato de linhas, porém, para que o ORS identificasse as áreas a serem evitadas na simulação do roteamento, necessariamente precisaria ser um polígono. Há no QGIS uma opção capaz de transformar linhas em polígonos, porém na tentativa de realizar a transformação dessa maneira a área ocupada pelo polígono, em geral, ocupava um espaço maior que somente a da via restrita, assim como demonstrado na Figura 10.

Figura 10 – Área ocupada pelas linhas transformadas em polígonos



Fonte: Elaborada pela autora

Sem que as correções fossem realizadas nas transformações das linhas em polígonos as rotas desenvolvidas pelo ORS acabariam evitando vias em que o trânsito de caminhões é permitido. Assim, para solucionar este problema as linhas das vias restritas foram todas redesenhadas no QGIS, sendo, posteriormente, transformadas

em polígonos, passando a ocupar a área correta da via com restrição de circulação, conforme Figura 11.

Figura 11 - Área ocupada pelas linhas transformadas em polígonos pós correção



Fonte: Elaborada pela autora

O ORS evita apenas um polígono por vez, portanto, para restringir e gerar a rota, foi necessário montar os polígonos completos para cada cenário, isto é, mesclando os polígonos das zonas de restrição com os polígonos das vias com circulação restrita, considerando os horários propostos para cada um dos cenários. Para tal, foi utilizado um artifício do próprio QGIS denominado “mesclar camadas vetoriais”.

### 3.2.2. Áreas e vias restritas ao tráfego de caminhões

As bases com informações específicas de São Paulo como: áreas e vias com restrição viária para caminhões, faixas ou corredores exclusivos para ônibus, densidade demográfica, classificação viária, rede cicloviária, entre outros estão disponíveis no diretório GeoSampa da Prefeitura de São Paulo. O GeoSampa é um mapa digital da cidade com dados abertos e disponíveis para download no formato shapefile. É possível observar o mapa da cidade de São Paulo na Figura 12, destacado em na cor amarelo claro e com algumas subdivisões macro por bairros na plataforma do GeoSampa.

Figura 12 - Mapa digital de São Paulo no GeoSampa



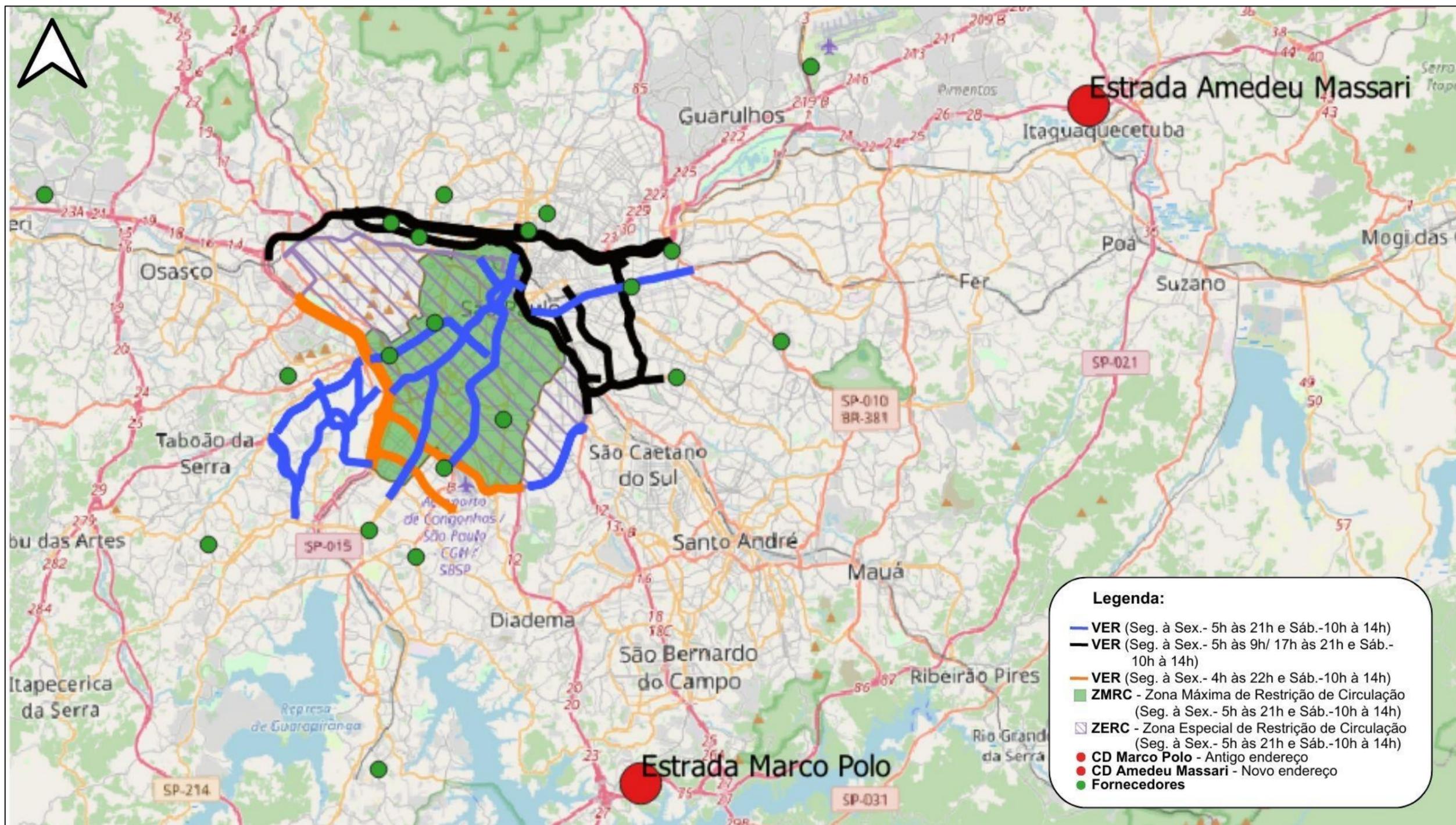
Fonte: Prefeitura de São Paulo

Para visualizar as camadas no mapa basta selecionar as caixas na parte direita da plataforma. Já para realizar o download dos dados é necessário clicar no botão “Download de Arquivos” apontado pela seta em vermelho, conforme Figura 12.

As bases utilizadas na realização do estudo foram listadas e na Figura 13 está mostrada como foram dispostas no QGIS.

- GeoSampa:
  - Restrição de circulação de veículos;
    - VER – Vias Estruturais Restritas;
    - ZMRC – Zona Máxima de Restrição de Circulação;
    - ZERC – Zona Especial de Restrição de Circulação;

Figura 13 – Camadas utilizadas representadas no QGIS



Fonte: Elaborado pela autora

### 3.3. PONTOS DE INTERESSE

#### 3.3.1. Centros de distribuição

Serão apresentados dois centros de distribuição, onde a localização foi alterada do CD Estrada Marco Polo, localizado na cidade de São Bernardo do Campo, para o CD Estrada Amedeu Massari, em Itaquaquecetuba. Na Tabela 1 estão dispostos os endereços completos de ambos os centros de distribuição. Podem visualizados no mapa na Figura 14.

Tabela 1 - Localização dos Centros de Distribuição

CD	Endereço
Atual	Estrada Amedeu Massari, 85 - Itaquaquecetuba
Antigo	Estrada Marco Polo, 300 - São Bernardo do Campo

Figura 14 - Localização espacial dos Centros de Distribuição



Fonte: Elaborado pela autora

O CD Marco Polo fica disposto na região sudeste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) com as principais vias de acesso sendo o Rodoanel Mário Covas, Rodovia dos Imigrantes e Rodovia Anchieta. O CD Amedeu Massari, disposto ao Leste, possui a Rodovia Ayrton Sena e o Rodoanel como relevantes acessos.

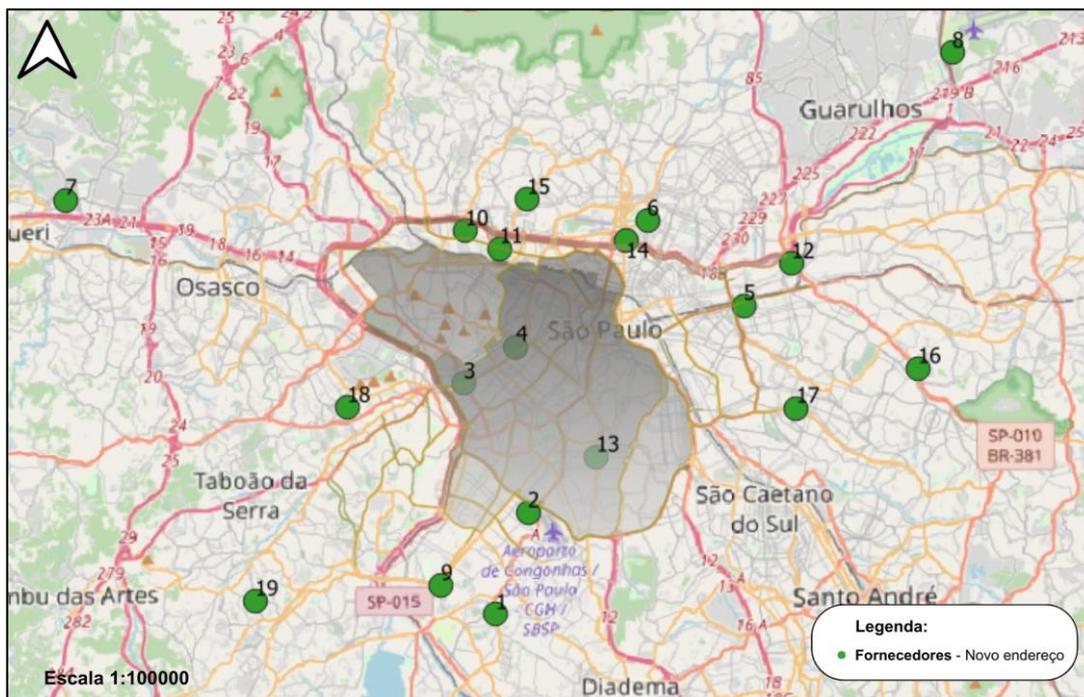
### 3.3.2. Fornecedores

Foram analisados nesse estudo vinte fornecedores para fim de comparação entre deslocamentos entre eles e os centros de distribuição. A disposição geográfica deles são dezoito inseridos na cidade de São Paulo, um fornecedor em Guarulhos e outro restante em Barueri, municípios pertencentes a Região Metropolitana de São Paulo. A localidade exata dos fornecedores e respectivos números identificadores pode ser observada na Tabela 2 e sua visualização no mapa está na Figura 15.

Tabela 2 - Localização dos fornecedores

ID	Endereço
1	Avenida Interlagos, 665 - São Paulo
2	Avenida Otávio Tarquínio de Sousa, 379 - São Paulo
3	Avenida Brigadeiro Faria Lima, 1448 - São Paulo
4	Avenida Dr. Eneas de Aguiar, 260 - São Paulo
5	Avenida Otto Baumgart, 8000 - São Paulo
6	Avenida Otto Baumgart, 8000 - São Paulo
7	Alameda Araguaia, 920 - Barueri
8	Aeroporto de Guarulhos - Guarulhos
9	Avenida Adolfo Pinheiro, 684 - São Paulo
10	Avenida Comendador Martinelli, 342 - São Paulo
11	Avenida Marquês de São Vicente, 1619 - São Paulo
12	Avenida Airton Pretini, 499 - São Paulo
13	Rua Ten.Gomes Ribeiro, 181 - São Paulo
14	Avenida Cruzeiro do Sul, 1800 - São Paulo
15	Avenida Eng.Caetano Álvares, 1700 - São Paulo
16	Avenida Aricanduva, 5555 - São Paulo
17	Avenida Vila Ema, 2259 - São Paulo
18	Avenida Comendador Alberto Bonfioli, 587 - São Paulo
19	Avenida Carlos Lacerda, 2240 - São Paulo
20	Avenida Antônio Carlos Benjamin dos Santos, 1260 - São Paulo

Figura 15 - Localização espacial dos fornecedores



Fonte: Elaborado pela autora

Os fornecedores que se encontram dentro das zonas restritas são: 3, 4 e 13. Os demais fornecedores ficam localizados tanto fora das zonas quanto das vias que possuem restrição de circulação a caminhões.

### 3.4. CENÁRIOS ANALISADOS

Um dos objetivos específicos deste trabalho é analisar como a presença das restrições a circulação viária de caminhões afetam nas distâncias percorridas por esses veículos. Para tal, foram propostos cinco cenários de restrição, onde foram divididos conforme horários e tipos de áreas restritas:

- Cenário 1: Sem restrição viária (22h às 4h);
- Cenário 2: Zonas e vias com restrição (9h-17h);
- Cenário 3: Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h);
- Cenário 4: Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h);
- Cenário 5: Restrição apenas nas zonas restritas (5h-21h).

O cenário 4 possui a maior área de restrição, seguido pelos cenários 2, 5 e 3. Já o cenário 1, foi estipulado cenário base pois não possui nenhuma zona ou via restrita.

### 3.5. MATRIZES DE TEMPO E DISTÂNCIA

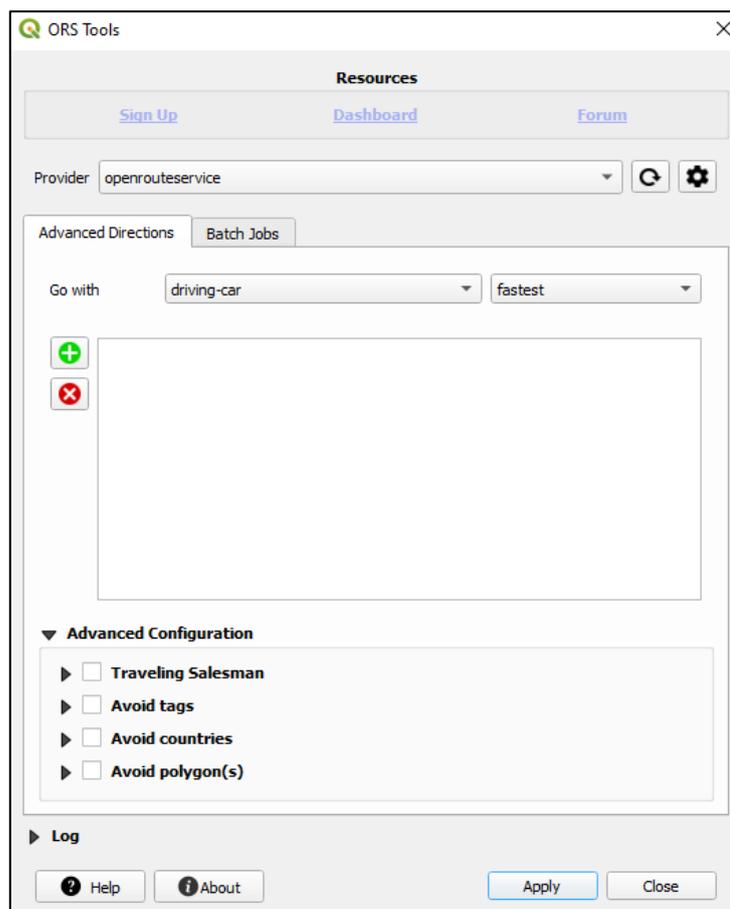
#### 3.5.1. ORS Tools

O ORS (*OpenRouteService*) é um API (*Application Programming Interface*) que possibilita a integração com outros softwares como o QGIS, oferecendo diferentes tipos de geo-serviços para seus usuários. Assim como o OSM, o ORS também é gratuito e sua utilização é democratizada. A versão aplicada neste trabalho foi a V1.5.3. Entre os serviços oferecidos pelo ORS dois se destacaram, sendo:

- Direção: Retorna uma rota entre dois ou mais pontos mostrando os dados de distância (quilômetros) e tempo (horas);
- Otimização: A otimização resolve problemas de roteamento de veículos e pode ser utilizado para diferentes tipos de veículos, respeitando janelas de entrega, capacidade e habilidades necessárias.

Ao instalar o complemento ORS Tools no QGIS os direcionamentos necessários para a utilização da ferramenta são disponibilizados. O primeiro passo é criar um usuário de acesso no site e, logo após a confirmação dos dados do usuário, o login é efetuado dando acesso aos recursos do ORS. A interface da ferramenta pode ser vista na Figura 16, onde é possível observar as janelas “*Advanced Directions*”, na qual este trabalho foi realizado, e “*Batch Jobs*”.

Figura 16 - Interface do ORS Tools no QGIS



Fonte: Elaborado pela autora

No ORS é possível definir o tipo de veículo a ser roteirizado e, como o foco do trabalho é voltado para o tipo caminhão, todas as rotas geradas consideraram o tipo “*Driving-hgv* – caminhão” como critério. Mas existem outras possibilidades, como: carro de passeio, bicicleta, caminhadas e cadeira de rodas.

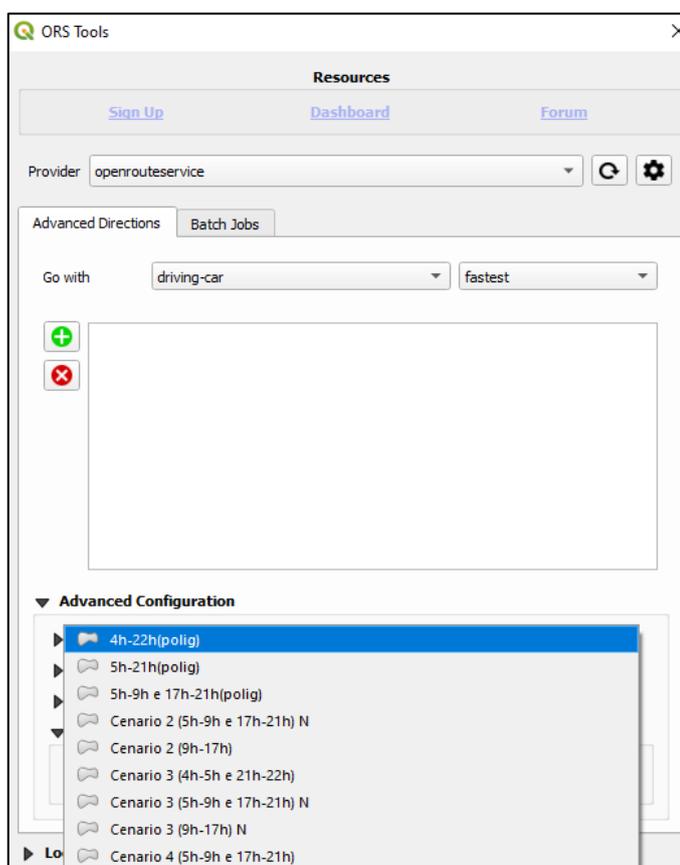
Quanto ao tipo definido para roteirização há três opções: *fastest* (mais rápida), *shortest* (mais curta) ou *recommended* (recomendada). Todas as rotas foram definidas para a escolha de rota mais rápida, visto que os parâmetros de velocidade utilizados pelo ORS consideram os dados de classificação viária do OSM, logo, optando por vias de trânsito rápido onde a geometria da via facilita a circulação de caminhões, evitando problemas com raios de giro em ruas estreitas.

A inserção das áreas restritas para circulação de caminhões é feita no campo de configurações avançadas com as seguintes opções:

- *Travelling salesman*: Baseado no problema de otimização do caixeiro viajante;
- *Avoid tags*: Serão evitadas rotas em algumas vias específicas onde há trens, degraus, rodovias.
- *Avoid countries*: Evita-se rotas em algum país determinado;
- *Avoid polygon(s)*: Selecionando algum polígono presente no projeto trabalhado, as rotas geradas não irão passar na área.

Para o estudo a opção “*avoid polygon(s)*” foi a que fez mais sentido, já que teria como determinar os polígonos com as áreas restritas a serem evitados na roteirização. Na Figura 17 estão descritos alguns dos polígonos presentes no projeto, havendo alguns com os cenários já montados, ou seja, compreendendo todas as restrições de zonas e vias de acordo com o horário da restrição, e demais polígonos utilizados como base para mesclagem das áreas restritivas no desenvolvimento dos cenários completos.

Figura 17 - Inserção de restrição tipo polígono no ORS Tools



Fonte: Elaborado pela autora

Para a geração das rotas basta selecionar o tipo do veículo, tipo da rota, adicionar os pontos de origem e destino e, por fim, definir o cenário de restrição. O ponto de origem será sempre algum entre os dois centros de distribuição, enquanto os pontos de origem são os fornecedores. Importante salientar que as rotas foram desenhadas para cada fornecedor, ou seja, não houve baldeações entre fornecedores. Dessa forma foram solicitadas a geração de 200 rotas divididas em:

- Rotas com origem no CD Marco Polo para os fornecedores
  - Total: 100 (sendo 20 para cada cenário)
- Rotas com origem no CD Amedeu Massari para os fornecedores
  - Total: 100 (sendo 20 para cada cenário)

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O produto formado para cada rota gerada no ORS é o caminho percorrido demonstrado no OSM e a tabela de atributos contendo informações sobre a distância total do percurso dada em quilômetros, o tempo de deslocamento em horas, o tipo do veículo escolhido (caminhão), o tipo da rota (mais rápida) e se houve área evitada no percurso.

Os cenários gerados foram mostrados no Apêndice 1 – Cenários analisados. As informações de distância e tempo foram passadas para planilha eletrônica explicitadas no Apêndice 2 – Distâncias e tempos calculados pelo ORS Tools e os mapas com as rotas estão no Apêndice 3 – Rotas obtidas no ORS Tools. As análises foram manipuladas no Excel, sendo verificados a fim de se obter comparações entre os centros de distribuição e os demais pontos de interesse.

### **4.1. COMPARAÇÕES ENTRE OS CENÁRIOS COM ORIGEM NO CD MARCO POLO**

Dentre as análises estatísticas realizadas para os cinco cenários com origem no CD Marco Polo estão as medidas referentes a média, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação, descritas nas Tabela 3 e Tabela 4.

A média da distância percorrida nos cenários para origem no CD Marco Polo até os fornecedores foi calculada em 37,42 km, aproximando-se mais do valor mínimo percorrido de 20,90 km que do valor máximo de 90,353 km, inferindo-se que a distância percorrida entre o CD para os fornecedores varia bastante. Para compreender essa variação foram realizadas as mesmas medidas separadas por cenário. As maiores médias de distância e tempo foram observadas para o cenário 4, que possui área de restrição superior aos demais. Verifica-se que os valores obtidos para os cenários 3 e 5 se assemelham bastante, porém, para no cenário 5 não é possível acessar os fornecedores 3, 4 e 13, já que estão localizados no interior das zonas restritas.

Tabela 3 - Análise estatística dos dados de distância para os cenários com origem no CD Marco Polo

CD Marco Polo – Distância (km)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Média
Média total	34,856	37,821	36,288	41,641	36,512	37,424
Mínimo	20,908	20,908	20,908	20,908	20,908	20,908
Máximo	55,388	78,076	70,120	90,353	70,146	90,353
Desvio padrão	8,873	15,318	12,571	19,127	12,553	14,293
Coeficiente de variação	25,5%	40,5%	34,6%	45,9%	34,4%	38,2%

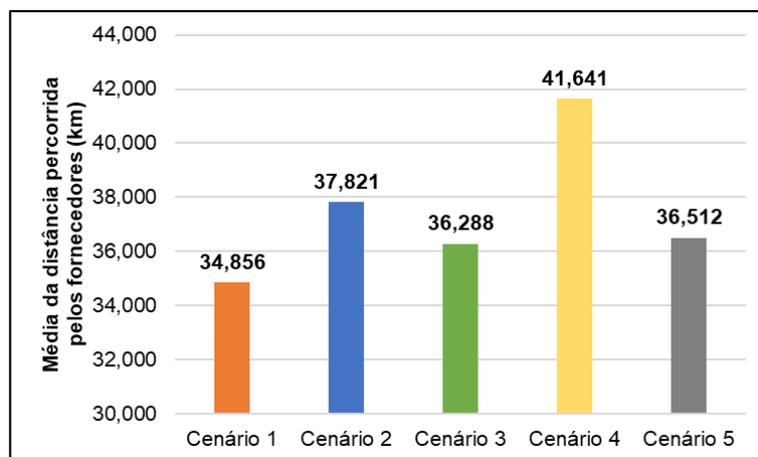
Tabela 4 - Análise estatística dos dados de tempo para os cenários com origem no CD Marco Polo

CD Marco Polo – Tempo (h)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Média
Média total	0,754	0,806	0,780	0,874	0,785	0,800
Mínimo	0,461	0,461	0,461	0,461	0,461	0,461
Máximo	1,148	1,333	1,219	1,711	1,220	1,711
Desvio padrão	0,180	0,230	0,202	0,315	0,207	0,235
Coeficiente de variação	23,9%	28,6%	25,8%	36,0%	26,4%	29,4%

O coeficiente de variação é calculado dividindo a média dos valores da amostra pelo seu desvio padrão, em que a interpretação do desvio padrão é a variabilidade dos dados em torno da média, isto é, quanto menor o desvio menor variação da distância percorrida para cada fornecedor entre os cenários. O cenário 1 (sem restrição viária/ 22h-4h) obteve o menor coeficiente de variação alcançando 25,5%, seguido pelo cenário 5 (restrição apenas nas zonas restritas/ 9h-21h) com 34,4%, cenário 3 (vias com restrição/ 4h-5h e 21h-22h) com 34,6%, cenário 2 (zonas e vias com restrição/ 9h-17h) com 40,5% e, por último, o cenário 4 (zonas e vias com restrição/ 5h-9h e 17h-21h) com 45,9%. A partir disso é possível inferir que a variação possui relação com volume de restrição considerada no cenário, visto que o resultado menor foi o que não tem restrições e o maior possui volume de áreas restritas alto.

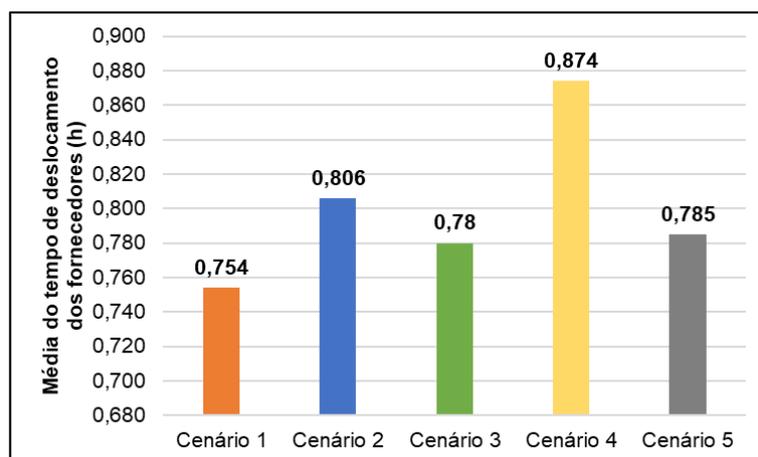
Ainda, para mensurar os impactos causados nas rotas pelo volume de áreas restritas, o cenário 1 foi elencado como base, visto que, conforme já mencionado, não há nenhum tipo de restrição neste cenário. De acordo com as Figura 18 e Figura 19 é observável que, com relação ao cenário 1, o cenário 4 obteve maiores médias de distância percorrida e tempo de deslocamento crescendo 6,785 quilômetros na média da distância e 0,120 horas no tempo.

Figura 18 - Média das distâncias percorridas pelos fornecedores nos cenários com origem no CD Marco Polo



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 19 - Média do tempo de deslocamento pelos fornecedores nos cenários com origem no CD Marco Polo



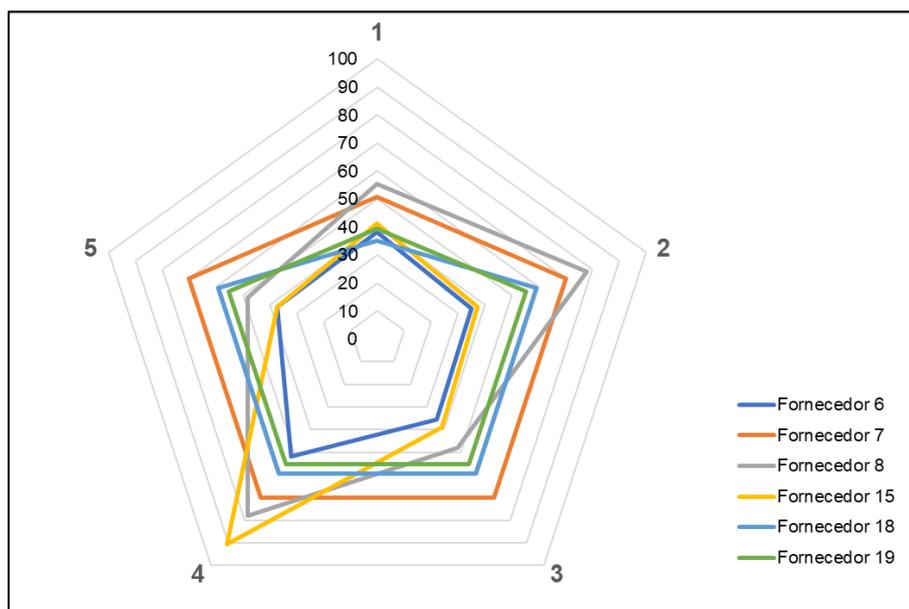
Fonte: Elaborado pela autora

Os valores relacionados aos desvios padrão de cada fornecedor podem ser vistos na Figura 20, onde 45% dos desvios entre as rotas foram menores que 1, 25% com desvio variando entre 1 e 5, 20% variando entre 5 e 10 e 10% com desvio superior a 10.



A Figura 22 mostra as distâncias percorridas em cada cenário para os fornecedores 6,7, 8, 15, 18 e 19, os quais possuem desvio maior que 5. A semelhança entre os fornecedores é que em todos eles a maior distância percorrida é vista no cenário 4, porém o fornecedor 15 se destaca por dispor mais que o dobro da distância quando se comparado ao cenário base.

Figura 22 - Distância percorrida conforme cenário para fornecedores com desvio padrão acima de 5 para as rotas com origem no CD Marco Polo



Fonte: Elaborado pela autora

Em contrapartida, os fornecedores que obtiveram desvios menores que 1 estão localizados em pontos que não sofrem tanto impacto pela existência das zonas e vias restritas da cidade quando a origem da viagem é no CD Marco Polo, de acordo com Figura 23. Os fornecedores 3, 4 e 13 apesar de possuírem desvios baixos, não obtiveram rotas para os cenários 2, 4 e 5 por estarem circunscritos pela zona restrita.

Figura 23 - Localização dos fornecedores com desvio padrão de distância percorrida menor que 1 com origem no CD Marco Polo



Fonte: Elaborado pela autora

Comparando as distâncias e tempos em analogia ao cenário base, consta-se pelo mapa de calor mostrado na Tabela 5 e Tabela 6 quais os valores se mantiveram, cresceram ou decresceram conforme cenário e fornecedor.

Tabela 5 - Distâncias percorridas (CD Marco Polo-Fornecedores) em relação ao cenário base em porcentagem

Fornecedor	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
1	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2	-	5,7%	5,7%	5,7%	0,1%
3	-	0,0%	2,2%	0,0%	0,0%
4	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
5	-	-1,1%	0,0%	9,3%	1,5%
6	-	-8,5%	-6,5%	35,7%	-2,0%
7	-	38,1%	38,1%	38,1%	38,1%
8	-	41,0%	-13,2%	40,9%	-13,2%
9	-	-15,6%	-15,7%	-15,7%	-15,6%
10	-	-11,1%	-6,8%	-7,2%	-11,1%
11	-	-9,4%	-14,2%	-8,2%	-9,4%
12	-	3,1%	0,0%	3,2%	1,3%
13	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
14	-	-10,1%	-17,8%	0,0%	-3,4%
15	-	-9,7%	-5,5%	119,8%	-9,7%
16	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
17	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
18	-	68,3%	68,3%	68,3%	68,3%
19	-	40,1%	40,1%	40,1%	40,1%
20	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 6 - Tempos de deslocamento (CD Marco Polo-Fornecedores) em relação ao cenário base em porcentagem

Fornecedor	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
1	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2	-	23,9%	23,9%	23,9%	10,3%
3	-	0,0%	10,2%	0,0%	0,0%
4	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
5	-	7,3%	0,0%	18,1%	0,9%
6	-	-4,4%	-3,7%	49,5%	1,0%
7	-	23,7%	23,6%	23,7%	23,7%
8	-	16,1%	-10,2%	16,0%	-10,2%
9	-	0,2%	0,0%	0,0%	0,2%
10	-	-2,9%	-1,6%	-1,8%	-2,9%
11	-	-4,1%	-11,8%	-5,0%	-4,1%
12	-	11,2%	0,0%	11,2%	0,8%
13	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
14	-	-4,2%	-16,4%	0,0%	1,0%
15	-	-4,2%	-2,4%	89,1%	-4,2%
16	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
17	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
18	-	45,0%	45,0%	45,0%	45,0%
19	-	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%
20	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Acredita-se que os valores destacados na cor verde (menores que o cenário base) tenham diminuído pois, ao selecionar os polígonos correspondentes aos cenários, as rotas geradas tenham sido compelidas a transitar por vias com velocidade praticada maior, em que as velocidades foram calculadas dividindo a distância percorrida pelo tempo de deslocamento. Para fins de verificação, a variação das velocidades médias com relação ao cenário base estão dispostas na Tabela 7.

Tabela 7 - Velocidades médias (CD Marco Polo - Fornecedores) em relação ao cenário base em porcentagem

Fornecedor	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
1	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2	-	-14,7%	-14,7%	-14,7%	-9,3%
3	-	0,0%	-7,3%	0,0%	0,0%
4	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
5	-	-7,9%	0,0%	-7,4%	0,6%
6	-	-4,2%	-2,9%	-9,2%	-2,9%
7	-	11,6%	11,7%	11,6%	11,6%
8	-	21,4%	-3,3%	21,5%	-3,3%
9	-	-15,8%	-15,7%	-15,7%	-15,8%
10	-	-8,4%	-5,3%	-5,5%	-8,4%
11	-	-5,5%	-2,7%	-3,4%	-5,5%
12	-	-7,3%	0,0%	-7,2%	0,5%
13	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
14	-	-6,2%	-1,7%	0,0%	-4,4%
15	-	-5,7%	-3,2%	16,3%	-5,7%
16	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
17	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
18	-	16,1%	16,1%	16,1%	16,1%

Fornecedor	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
19	-	14,4%	14,4%	14,4%	14,4%
20	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

## 4.2. COMPARAÇÕES ENTRE OS CENÁRIOS COM ORIGEM NO CD AMEDEU MASSARI

Realizando as mesmas análises pontuadas no item 4.1, porém agora com origem no CD Amedeu Massari, os resultados analisados entre os cinco cenários de média, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação podem ser observados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada..** O coeficiente de variação atingiu 42,8%, mostrando grande variabilidade entre as distâncias percorridas do CD para os fornecedores nos cenários. Assim como ocorrido para a média das distâncias e tempos com origem no CD Marco Polo, nas rotas com origem no CD Amedeu Massari as maiores médias também são vistas no cenário 4, seguidos pelos cenários 2, 3, 5 e 1.

Tabela 8 - Análise estatística dos dados de distância para os cenários com origem no CD Amedeu Massari

CD Marco Polo – Distância (km)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Média
Média total	46,534	53,975	51,259	54,794	48,165	50,945
Mínimo	20,173	20,173	20,173	20,173	20,173	20,173
Máximo	80,853	110,61	110,610	11,610	80,853	110,61
Desvio padrão	15,018,	25,111	23,864	25,164	16,248	21,791
Coeficiente de variação	32,3%	46,5%	46,6%	45,9%	33,7%	42,8%

Tabela 9 - Análise estatística dos dados de tempo para os cenários com origem no CD Amedeu Massari

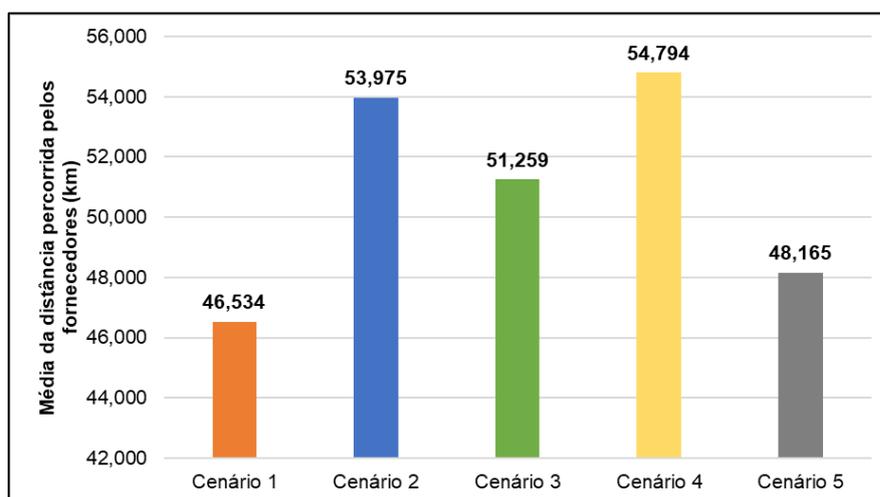
CD Marco Polo – Tempo (h)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Média
Média total	0,909	1,023	0,981	1,052	0,938	0,981
Mínimo	0,379	0,379	0,379	0,379	0,379	0,379
Máximo	1,587	1,975	1,975	1,975	1,587	1,975
Desvio padrão	0,320	0,466	0,443	0,464	0,346	0,416
Coeficiente de variação	35,2%	45,6%	45,1%	44,1%	36,9%	42,4%

O coeficiente de variação de cada cenário foi calculado e, partindo do menor coeficiente até o mais alto, obteve-se: cenário 1 (sem restrição viária/ 22h-4h) com 32,3%, cenário 5 (restrição apenas nas zonas restritas/ 9h-21h) com 33,7%, cenário 4 (zonas e vias com restrição/ 5h-9h e 17h-21h) com 45,9%, cenário 2 (zonas e vias com restrição/ 9h-17h) com 46,5% e cenário 3 (vias com restrição/ 4h-5h e 21h-22h)

alcançando 46,6%. As comparações entre os centros de distribuição serão realizadas de maneira mais profunda no estudo, mas de antemão já foi possível observar que o padrão se distinguiu com relação a origem no CD Marco Polo, cujo cenário 4 se destacou com maior variabilidade. Aparentemente, o fator mais detrator para o crescimento das rotas e tempos de deslocamento não é a quantidade de áreas com restrição apenas, e sim a localização relativa entre a origem e o destino com relação as áreas restritas.

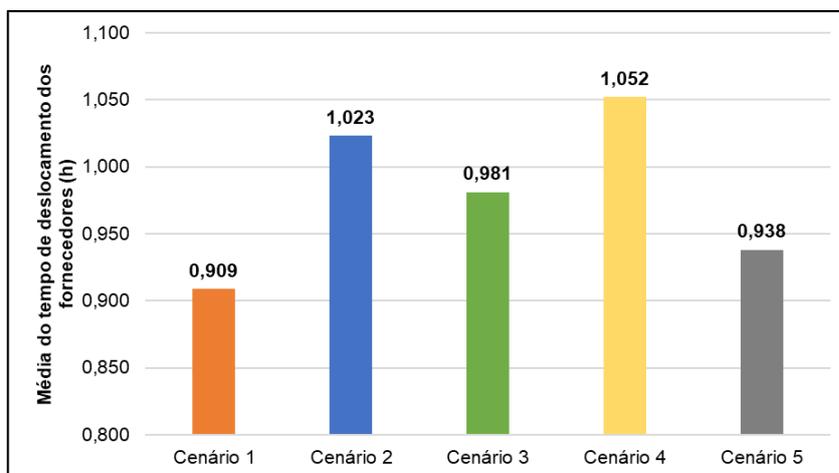
É preciso saber a média das distâncias percorridas e tempos de deslocamento em cada cenário, conforme Figura 24 e Figura 25.

Figura 24 - Média das distâncias percorridas pelos fornecedores nos cenários com origem no CD Amedeu Massari



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 25 - Média do tempo de deslocamento pelos fornecedores nos cenários com origem no CD Amedeu Massari

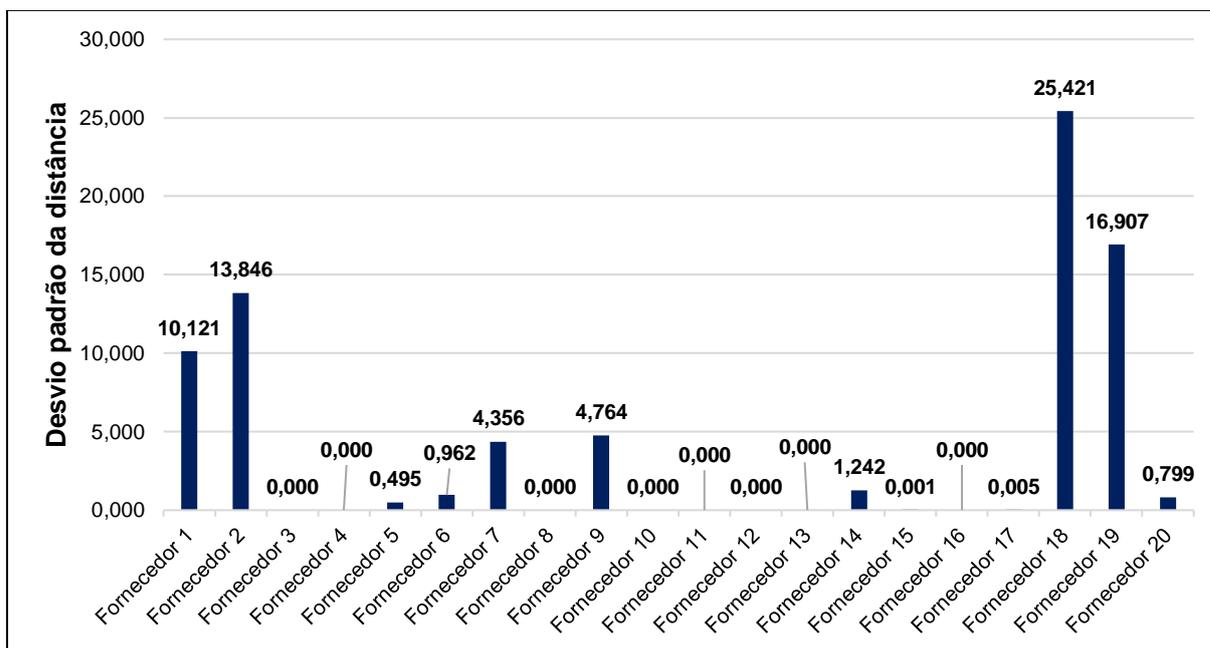


Fonte: Elaborado pela autora

Ainda que o coeficiente de variação no cenário 4 não tenha apresentado ser o maior, as maiores distâncias e tempos percorridos estão neste cenário. Pode-se inferir então que quanto maiores as áreas restritas, maiores são os impactos no crescimento dos deslocamentos e, conseqüentemente, o aumento no custo de frete para as empresas.

Analisando o comportamento dos fornecedores a partir das medidas de desvio padrão se observa semelhança ao encontrado nas rotas com origem no CD Marco Polo, apresentando 45% dos desvios entre as rotas foram menores que 1, 25% com desvio variando entre 1 e 5, 20% variando entre 5 e 10 e 10% com desvio superior a 10. As medidas consideradas estão expostas na Figura 26, onde 65% dos desvios de rotas entre os cenários foram menores que 1, 15% com desvio variando entre 1 e 5, 15% com desvio superior a 10 e não houve desvios variando entre 5 e 10.

Figura 26 - Desvio padrão calculado para a distância percorrida para os fornecedores com origem CD Amedeu Massari



Fonte: Elaborado pela autora

Percebe-se que o deslocamento entre o CD Amedeu Massari aos fornecedores varia menos com a existência de zonas e vias restritas ao se comparar com os deslocamentos com origem no CD Marco Polo. Esta decisão é estratégica na tomada de decisão de localização da empresa, visto que as entregas sofrerão menores impactos no planejamento logístico.

Semelhante ao modo que foi verificado no item 4.1, o mesmo ocorre quando a origem é no CD Amedeu Massari. Os fornecedores com maior variação estão em dispostos em oposição a localização de origem com as áreas restritas, conforme Figura 27. Este resultado corrobora com a hipótese sobre a importância da localização relativa entre a origem e o destino com relação as áreas restritas, tornando-se uma decisão estratégica a ser tomada pelas empresas na escolha da localidade de suas matrizes em compatibilidade aos pontos de interesse.

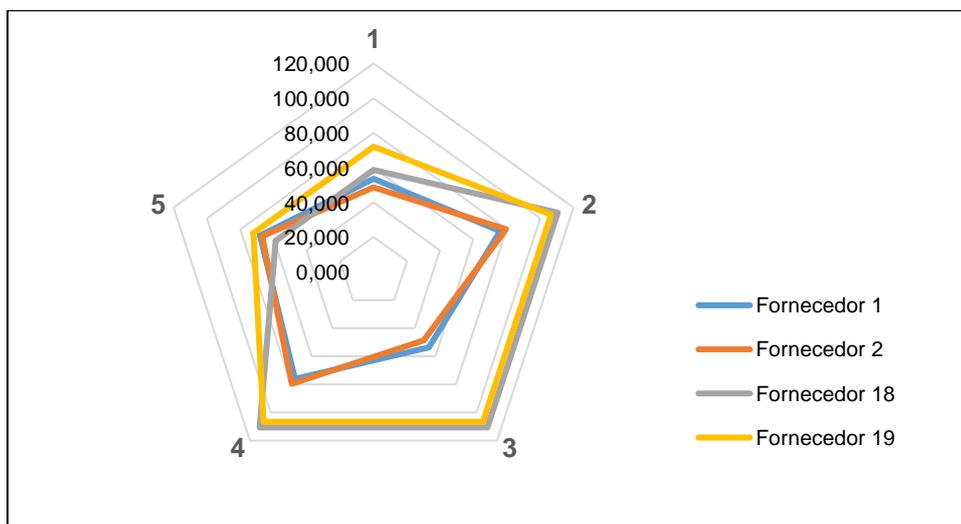
Figura 27 - Localização dos fornecedores com desvio padrão de distância percorrida acima de 5 com origem no CD Amedeu Massari



Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 28, diferentemente do que foi visto para os deslocamentos realizados com origem no CD Marco Polo, o acréscimo na distância percorrida não sobressaiu apenas para o cenário 4. Na verdade os cenários 1 (sem restrições à circulação) e 5 (restrição apenas nas zonas) que obtiveram menores rotas para os fornecedores 1, 2, 18 e 19, aos quais possuem desvio padrão superior a 10. As restrições impostas, em sua maioria, são definidas impactando avenidas importantes para o tráfego das cidades, com intuito de garantir fluidez ao trânsito, mas este fator traz como resultados a busca para grandes desvios nas rotas para caminhões, elevando os custos logísticos totais pela amplificação do frete.

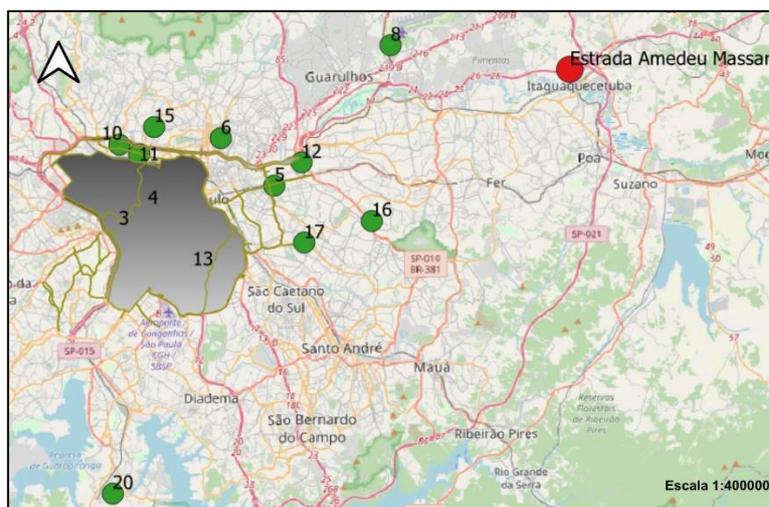
Figura 28 - Distância percorrida conforme cenário para fornecedores com desvio padrão acima de 5 para as rotas com origem no CD Amedeu Massari



Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 28 estão dispostos os fornecedores 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17 e 20, aos quais o desvio padrão com relação aos dados de distância foram calculados abaixo de 1. Todos esses fornecedores estão em locais onde a presença de vias restritas não causam grandes impactos para que os caminhos de entrega sejam alterados. É notório que a disposição geográfica dos pontos de interesse com relação a localização do centro de distribuição, tendo em vista as áreas restritas a circulação, é de suma importância para diminuição da variabilidade das rotas entre origem e destino. Tal como ocorrido nas gerações das rotas para os cenários com origem no CD Marco Polo, os pontos 3, 4 e 13 não obtiveram rotas possíveis para os cenários 2, 4 e 5 por serem internos a zona restrita. Já os fornecedores 10 e 11 apresentaram erros para as rotas do cenário 4, pois estão cercados por vias de circulação restrita e o ORS não transpassa os polígonos, mostrando-se como uma falha do complemento.

Figura 29 - Localização dos fornecedores com desvio padrão de distância percorrida menor que 1 com origem no CD Amedeu Massari



Fonte: Elaborado pela autora

Realizando as comparações referentes as distâncias e tempos em analogia ao cenário base, percebe-se pelo mapa de calor mostrado na Tabela 10 e Tabela 11 quais os valores se mantiveram, cresceram ou decresceram de acordo com cenário e fornecedor. Claramente, as rotas entre cenários variam menos no CD Amedeu Massari que no CD Marco Polo. As medidas que variaram para baixo possuem estimativas irrisórias, a maior porcentagem de variação ocorrida foi para valores acima do cenário base.

Tabela 10 - Distâncias percorridas (CD Amedeu Massari-Fornecedores) em relação ao cenário base em porcentagem

Fornecedor	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
1	-	41,8%	0,0%	41,8%	27,0%
2	-	63,4%	0,0%	63,4%	37,3%
3	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
5	-	3,1%	0,0%	3,1%	0,0%
6	-	0,0%	0,0%	7,0%	0,0%
7	-	0,0%	0,0%	17,9%	0,0%
8	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
9	-	14,2%	14,2%	14,2%	0,0%
10	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
12	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
13	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
14	-	0,0%	0,0%	9,0%	0,0%
15	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
16	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
17	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
18	-	88,4%	88,4%	88,4%	0,0%
19	-	47,9%	47,9%	47,9%	0,0%
20	-	-2,0%	-2,0%	-2,0%	0,0%

Tabela 11 - Tempos de deslocamento (CD Amedeu Massari-Fornecedores) em relação ao cenário base em porcentagem

Fornecedor	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
1	-	22,7%	0,0%	22,7%	20,9%
2	-	53,2%	0,0%	53,2%	34,5%
3	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
5	-	4,4%	0,0%	4,4%	0,0%
6	-	0,0%	0,0%	22,1%	0,0%
7	-	0,0%	0,0%	27,9%	0,0%
8	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
9	-	12,9%	12,9%	12,9%	0,0%
10	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
12	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
13	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
14	-	0,0%	0,0%	23,8%	0,0%
15	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
16	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
17	-	0,0%	0,0%	-1,0%	0,0%
18	-	71,0%	71,0%	71,0%	0,0%
19	-	31,1%	31,1%	31,1%	0,0%
20	-	-0,6%	-0,6%	-0,6%	0,0%

Já as velocidades médias estão dispostas na Tabela 12. Apenas as velocidades correspondentes aos fornecedores 7 e 13 obtiveram velocidade média menor quando a saída foi pelo CD Amedeu Massari, para todas os demais

forneecedores as rotas possuíram velocidades mais elevadas comparadas as rotas de origem no CD Marco Polo. Contudo, as distâncias no geral e os tempos são maiores, em concordância com o que já foi apresentado.

Tabela 12 - Velocidades médias (CD Amedeu Massari - Forneecedores) em relação ao cenário base em porcentagem

Fornecedor	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
1	-	15,6%	0,0%	15,6%	5,1%
2	-	6,7%	0,0%	6,7%	2,0%
3	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
5	-	-1,3%	0,0%	-1,3%	0,0%
6	-	0,0%	0,0%	-12,4%	0,0%
7	-	0,0%	0,0%	-7,8%	0,0%
8	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
9	-	1,1%	1,1%	1,1%	0,0%
10	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
12	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
13	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
14	-	0,0%	0,0%	-11,9%	0,0%
15	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
16	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
17	-	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%
18	-	10,2%	10,2%	10,2%	0,0%
19	-	12,8%	12,8%	12,8%	0,0%
20	-	-1,5%	-1,5%	-1,5%	0,0%

Observa-se que o cenário 5 é o que possui menos variações, apenas os fornecedores 1 e 2 variam 5,1% e 2,0%, respectivamente. Onde há valor em 0,0% é que a medida se mostrou equivalente ao cenário base.

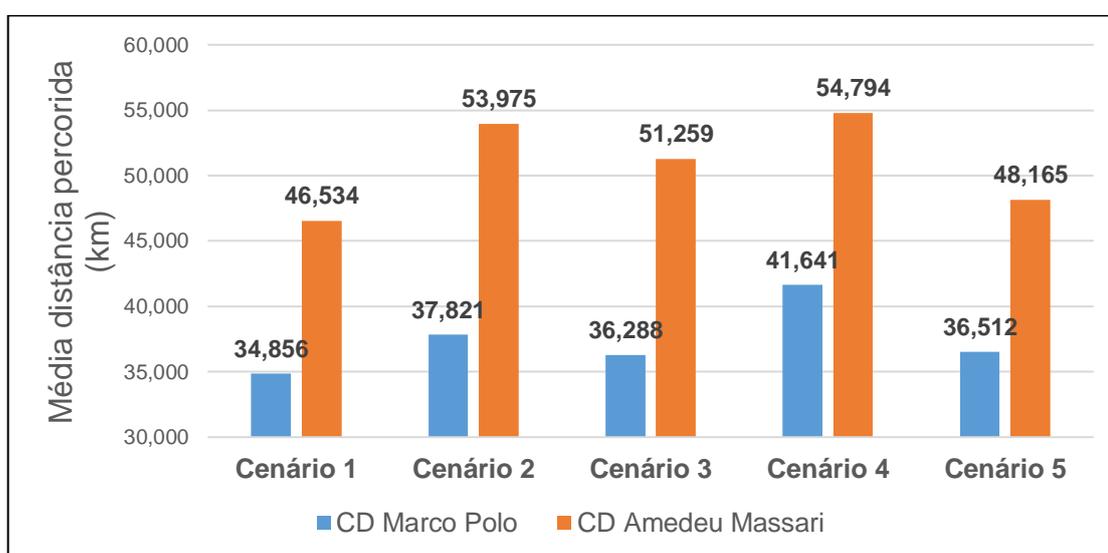
#### 4.3. COMPARAÇÕES ENTRE OS CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO

O centro da zona de restrição se situa na Rua Quitanda com Rua Penteado, no bairro da Sé em São Paulo, de modo que o CD Marco Polo se distancia em 32,751 km do centro, enquanto o CD Amedeu Massari fica a 38,832 km, cerca de 6 quilômetros a mais. A média da distância percorrida pelos fornecedores considerando os cinco cenários a partir do CD Marco Polo foi 37,424 km, enquanto no CD Amedeu Massari essa média é de 50,945 km, porém, a velocidade média dos caminhões partindo do CD Amedeu Massari foi quase 10% maior com relação as rotas com saída pelo CD Marco Polo. Isto ocorre devido ao acesso do CD Amedeu Massari até alguns fornecedores acontecer pelas Rodovias Ayrton Senna e Rodoanel Mário Covas, onde

as velocidades praticadas são mais elevadas, ao passo que a saída pelo CD Marco Polo perpassa vias com velocidades praticadas um pouco mais baixas.

O cenário 2 foi onde ocorreu a maior diferença entre as médias de distância e tempo entre os dois CDs, crescendo 42,7% quilômetros percorridos e 26,9% no tempo de deslocamento com origem no CD Amedeu Massari. A Figura 30 mostra os dados da média das distâncias percorridas em quilômetros em cada cenário, considerando os pontos de partida nos CDs.

Figura 30 - Média distância percorrida nos cenários



Fonte: Elaborado pela autora

Tendo em vista as distâncias médias percorridas para os cinco cenários, sendo considerados os fornecedores separadamente, tem-se que 70%, ou seja, 14 pontos, ficam mais próximos do CD Marco Polo. Apenas os fornecedores 6, 7, 8, 12, 14 e 15 se aproximam mais do CD Amedeu Massari. Os valores podem ser vistos na Tabela 13 e Tabela 14.

Tabela 13 - Média das distâncias percorridas por fornecedor

Fornecedor	CD Marco Polo	CD Amedeu Massari	% Crescimento
1	20,908	65,512	68,1%
2	25,863	64,669	60,0%
3	31,613	47,145	32,9%
4	30,703	43,998	30,2%
5	31,564	33,404	5,5%
6	39,579	35,004	-13,1%
7	66,270	62,898	-5,4%
8	61,541	20,173	-205,1%

Fornecedor	CD Marco Polo	CD Amedeu Massari	% Crescimento
9	26,103	74,411	64,9%
10	42,100	43,930	4,2%
11	38,753	41,839	7,4%
12	35,484	27,770	-27,8%
13	23,437	46,593	49,7%
14	35,591	35,059	-1,5%
15	48,912	40,714	-20,1%
16	30,388	35,334	14,0%
17	27,020	37,939	28,8%
18	54,455	89,854	39,4%
19	52,094	92,790	43,9%
20	26,097	79,874	67,3%

Observando os dados calculados para os fornecedores 5, 7, 10, 11 e 16 as distâncias médias percorridas e o tempo de deslocamento foram opostos, ou seja, enquanto a distância aumentou o tempo de deslocamento diminuiu, para o mesmo fornecedor e centro de distribuição. Porém, as diferenças entre as distâncias médias não ultrapassaram nem 5 km entre os CDs, sendo pequena a variação das porcentagens de crescimento e, portanto, a variabilidade do tempo.

Tabela 14 - Média dos tempos de deslocamento por fornecedor

Fornecedor	CD Marco Polo	CD Amedeu Massari	% Crescimento
1	0,466	1,308	64,4%
2	0,565	1,300	56,6%
3	0,679	0,960	29,3%
4	0,681	0,897	24,1%
5	0,735	0,620	-18,5%
6	0,909	0,638	-42,5%
7	1,173	1,176	0,3%
8	1,175	0,379	-210,0%
9	0,988	1,498	34,0%
10	0,943	0,835	-13,0%
11	0,877	0,786	-11,5%
12	0,831	0,466	-78,3%
13	0,461	0,977	52,8%
14	0,826	0,665	-24,2%
15	1,047	0,768	-36,3%
16	0,729	0,662	-10,1%
17	0,611	0,717	14,7%
18	1,040	1,647	36,8%
19	1,010	1,732	41,7%
20	0,626	1,582	60,4%

Para a tomada de decisão da empresa, cabe a realização da análise de demanda juntamente com os dados das rotas fornecidos nesse trabalho, visto que se a quantidade de viagens para os fornecedores mais próximos ao CD Amedeu Massari superar as necessidades da demanda para os demais fornecedores, a mudança de endereço poderá se evidenciar positiva. Entretanto, considerando apenas a metodologia realizada no trabalho, contabilizando uma viagem por fornecedor, de antemão a alteração da localização do centro de distribuição da Estrada Marco Polo para a Estrada Amedeu Massari não foi interessante, elevando o tempo em média 18,5% e o deslocamento em 26,6%.

Ainda, observando somente pela visão da modificação do endereço do centro de distribuição, sem entrar nas análises relacionadas a existência de zonas e vias restritas a circulação de caminhões, pontuando o que foi mostrado no referencial teórico do estudo o aumento das distâncias percorridas acarretará aumento no custo frete, contrapondo-se ao conceito de logística urbana que busca essencialmente o desenvolvimento econômico.

Em termos de variabilidade entre as distâncias e tempos percorridos, em acordo com as análises realizadas nos itens 4.1 e 4.2, as rotas com origem no CD Amedeu Massari são mais homogêneas conforme os diferentes cenários. Caso para a empresa pese mais na balança a confiabilidade de entrega dos produtos, este é um bom ponto para a mudança do centro de distribuição.

#### **4.4. POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES NO ORS TOOLS**

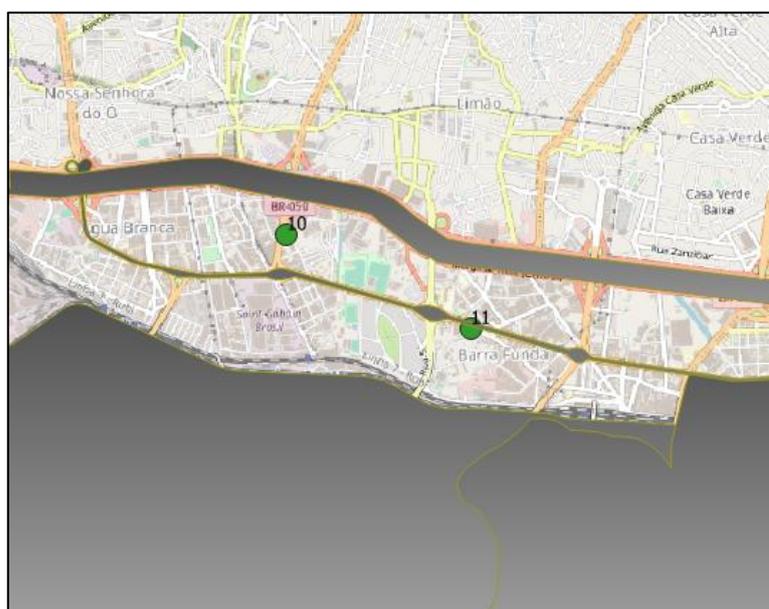
O ORS Tools foi uma ferramenta de grande apoio durante a execução do trabalho, trazendo grande facilitações na geração das rotas e possuindo boa aplicabilidade. Pode-se elencar x pontos positivos que foram observados:

- Interface com o OpenStreetMaps;
- Site de boa usabilidade para criação do *login* do usuário;
- Possui muitas opções para escolha do tipo de veículo;
- Diferentes opções para aplicação de impeditivos para a rota a ser criada;
- É possível otimizar rotas com ou sem baldeações entre os pontos;
- Possibilidade de criar várias rotas de uma vez na opção matriz.

Sem que houvesse o ORS, ou outro complemento do QGIS semelhante, a execução desse estudo seria extremamente maçante e dispendiosa.

Mas alguns aspectos do ORS poderiam ser aprimorados para que a ferramenta funcione de maneira mais assertiva, a exemplo da criação das rotas para o cenário 4 dos fornecedores 10 e 11. Na Figura 31 é possível observar que os pontos 10 e 11 estão envoltos por vias que possuem restrições a circulação de caminhões, as rotas geradas pelo ORS não transpõem as vias restritas (polígonos), dessa maneira não foi possível executar as rotas.

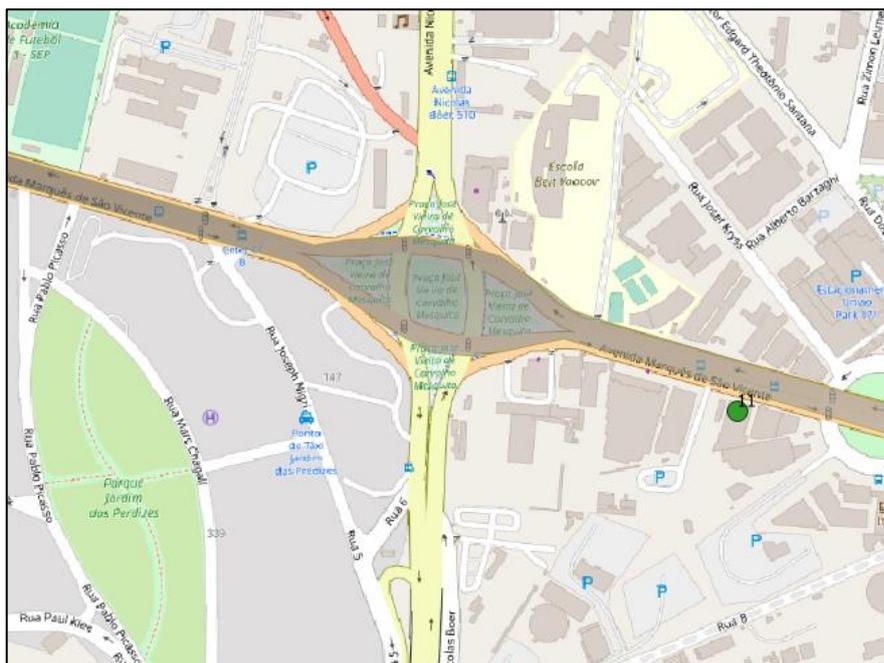
Figura 31 - Erro na geração da rota no cenário 4 para os fornecedores 10 e 11



Fonte:Elaborado pela autora

Para exemplificar melhor o problema relatado na Figura 31, na Figura 32, próxima ao fornecedor 11, mostra no mapa o encontro das avenidas Marquês de São Vicente, via restrita no cenário 4, e Nicolas Boer, onde a circulação de caminhões é permitida. Devido ao ORS não transpor os polígonos, o acesso as vias adjacentes aquelas restritas é prejudicada. Uma solução para o problema seria construir cada polígono quebrando nas interseções com demais vias, porém, importante frisar que essa é uma ideia da qual levaria muito tempo para ser realizada.

Figura 32 - Exemplo problema ao acesso a vias na geração de rotas no ORS

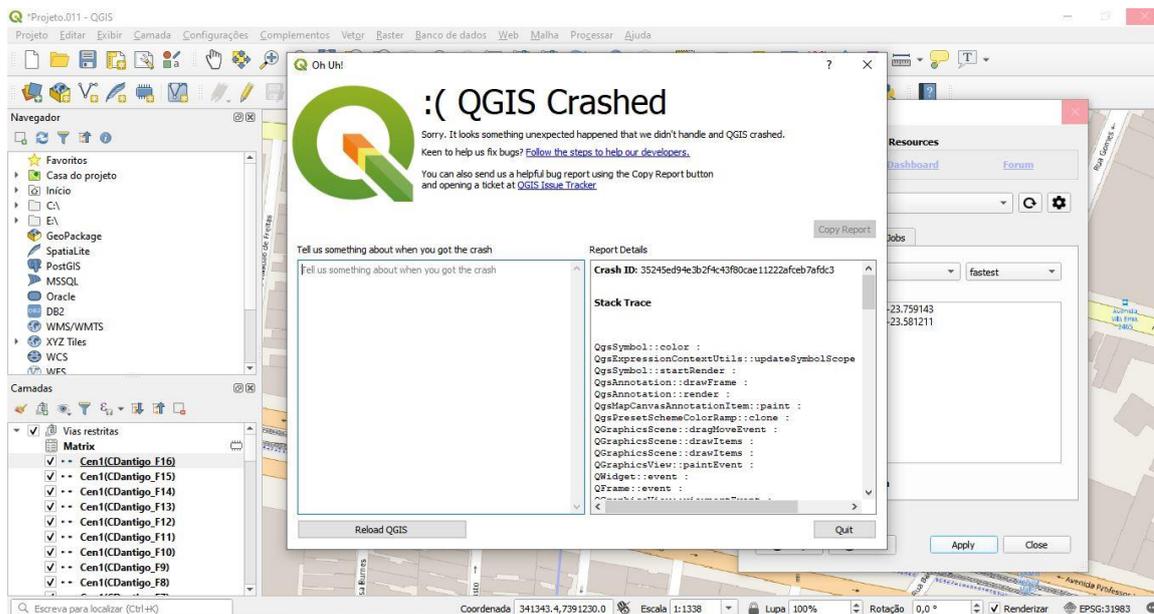


Fonte: Elaborado pela autora

Uma outra questão vista no ORS é que a geração feita para o estudo foi uma a uma, pois não foi possível aplicar as restrições de polígono na geração de rotas pela matriz. Para a empresa que possui uma carteira extensa de fornecedores este é um bom levantamento a ser analisado, mas ainda que dispenda tempo na criação de cada uma das rotas, o complemento é uma excelente ferramenta.

Por vezes acontece erros entre o ORS e o QGIS, conforme Figura 33, que acabam travando o software, mas como não se sabe a origem do problema, cabe apenas a pontuação devido a morosidade para a geração dos traçados das rotas.

Figura 33 - Erro ORS no QGIS



Fonte: Elaborado pela autora

## 5. CONCLUSÕES

Sob a ótica das análises ocasionadas pela realocação do CD Marco Polo para o CD Amedeu Massari, as distâncias médias percorridas aumentaram para quatorze fornecedores, ou seja, 70% dos pontos de interesse. Esse aumento representa 26,5% de taxa ou cerca de 13 quilômetros percorridos a mais. Com relação aos tempos médios, a taxa de crescimento foi de 18,5%. De maneira concisa, a alteração do endereço não se mostrou satisfatória considerando apenas os critérios de tempo e distância entre as rotas de origem-destino. Este fator é um importante aspecto a ser levado em conta na tomada de decisão de uma empresa, visto que a otimização das rotas minimiza os custos logísticos totais e traz efetividade ao processo.

No que tange aos impactos provocados pelas restrições viárias existentes no município de São Paulo, em suma, pode-se considerar que a posição relativa entre os centros de distribuição, fornecedores e áreas restritas é mais importante que apenas a quantidade de zonas e vias restritas, porém, quanto mais áreas impossibilitadas à circulação de veículos de grande porte, maiores serão os pontos de interesse acometidos. Para ambos os CDs o cenário 4, que traz o maior volume de restrições comparado aos demais cenários, possui as maiores médias de distâncias e tempos praticados nas rotas. Enquanto o cenário 1, sem presença de nenhum tipo de restrição, encontram-se as médias mais baixas. As rotas com origem na nova localização do centro de distribuição (Amedeu Massari) obtiveram menores coeficientes de variação nas distâncias entre cenários, resultando em maior confiabilidade para o planejamento logístico. Cabe a empresa deliberar sobre o peso dos critérios decisórios, determinando os pontos positivos e negativos na troca de local de um centro de distribuição.

Assim, os objetivos específicos propostos para o trabalho de: georreferenciar origens, destinos e áreas restritas; definir de cenários; compreender os impactos nos tempos e distâncias ocasionados pelas restrições viárias; e comparar os dados entre os CDs para entender se com a mudança de endereço os tempos e distâncias se alterariam, foram alcançados. Da mesma forma que os conceitos referentes a logística urbana, logística na cidade de São Paulo, restrição viária e modelagem viária foram cumpridos no tópico Referencial Bibliográfico.

Os resultados obtidos nesse estudo poderão ser replicados para outros municípios que, de forma semelhante a São Paulo, possuem restrições à circulação no sistema viário da cidade. Ainda servindo como ponto de partida para análises importantes a serem realizadas por operadores logísticos, ou até mesmo por empresas que visam a otimização do processo de roteamento, trazendo impactos positivos na diminuição dos custos de transporte, danos ambientais e sociais.

Importante salientar que as restrições de circulação, determinadas pelo poder público, são políticas excludentes ao transporte de cargas cada vez mais solicitado, sobretudo em grandes centros urbanos. Os desafios logísticos deveriam ser tratados também pelas autoridades, atuando como parceiros do setor privado em busca do crescimento econômico e efetiva diminuição dos pontos detratores ocasionados pela má gestão da logística urbana.

Como sugestão de trabalhos futuros, seria interessante trazer a demanda por fornecedor para que o número de viagens necessárias seja estipulado, tornando o estudo ainda mais condizente com os problemas logísticos encontrados nas empresas. Outra análise que poderá ser feita é expondo os custos dos fretes, conforme variação dos horários diurno e noturno, visto que a maneira de escapar das restrições é durante a madrugada, porém é importante observar os aumentos dos custos efetivos.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, J., BROWNE, M., WOODBURN, A., & LEONARDI, J. *The role of urban consolidation centres in sustainable freight transport. Transport Reviews*, 2012.

ALOISE, D.J.; FILHO, J. W. V.; JUNIOR, D. P. A.; MONTEIRO, I. G. Instâncias para roteirização em regiões urbanas com restrições de circulação – Artigo científico publicado na ANPET, 2018.

BALLOU, R.H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos - Planejamento, Organização e Logística Empresarial. 4th ed. *Bookman*, 2001.

Boletim Logístico 1º Semestre de 2019 (2020). Empresa de Planejamento Logístico S.A. Governo Brasileiro. Publicado no ano de 2020.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. (2007) Logística Empresarial. O processo de integração da cadeia de suprimentos. 1ª ed. – 5ª reimpr. – São Paulo: Atlas, 2007. 580 p.

CARRARA, C.M. (2007) Uma aplicação do SIG para a localização e alocação de terminais logísticos em áreas urbanas congestionadas. 224 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CAMBOIM, S. P.; MACHADO, A. A. Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. Artigo Científico URBE, Rev. Bras. Gest. Urbana 11, 2019.

CICHELERO, C. A. & GALIOTTO, R. (2020) Sociedade de consumo e crise ambiental: os reflexos do hiperconsumo. Fundação Universidade de Caxias do Sul. Biodiversidade, recursos hídricos e direito ambiental, 2020.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. Transporte Rodoviário: Desempenho do setor, Infraestrutura e Investimentos (2014). Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. Logística Urbana: Restrições aos caminhões? (2018). Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>

Companhia de Engenharia de Tráfego (CET - SP). Secretaria Municipal de Mobilidade e Trânsito. Disponível em <<http://www.cetsp.com.br/>>

CORREIA & FERNANDES (2021). Modais de Transporte: Um estudo acerca dos três principais modais da matriz de transporte de cargas do Brasil. FATEC Mogi das Cruzes, Governo do Estado de São Paulo, 2021.

CSCMP – *COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS* (2013) *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*. Disponível em: <[https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx](https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx)>

Pesquisa Fundação Dom Cabral e Universidade Federal de Minas Gerais - CUSTO LOGÍSTICO TEM UM AUMENTO DE CERCA DE 15,5 BILHÕES DA RECEITA DAS EMPRESAS ENTRE 2015 E 2017 (FUNDAÇÃO DOM CABRAL).

DIAS, Marco Aurélio P. (2010). Administração de materiais: uma abordagem logística. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 544 p.

DIRETRIZES DE CARGA URBANA PARA OS CENTROS URBANOS BRASILEIROS COM BASE EM *CITY LOGISTICS* Antonio Carlos Sá de Gusmão (UFRJ, 2016).

DISTRIBUIÇÃO URBANA DE MERCADORIAS, 2018. Núcleo de Logística, Supply Chain E Infraestrutura Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Empresa de Planejamento Logístico S.A., 2016. Transporte inter-regional de carga no Brasil - Panorama 2015. Governo Brasileiro, Publicado no ano de 2016.

FERNANDA, R. L. & PABLO, C. J. (2017) *Políticas públicas en logística urbana. Construcción colectiva de lineamientos para la logística de Bogotá-Colombia*. Volume XIX (número 2). *Ingeniería Investigación y tecnología*.

FILHO, J. W. V. Um método para roteirização de veículos em regiões com restrições de circulação. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UERN (2018).

FIORAVANTI, R., D.; JUNIOR, O., F., L. Modelo para análise ex ante de políticas de logística urbana baseadas em centros de distribuição urbanos: uma abordagem utilizando dinâmica de sistemas. Artigo científico, Revista Brasileira de Gestão Urbana, 2019.

FLEURY, P. F.; FIGUEIREDO, K. F.; WANKE, P. Logística empresarial: a perspectiva brasileira. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

HOLGUÍN-VERAS, J., WANG, C., BROWNE, M., HODGE, S. D., & WOJTOWICZ, J. (2014). *The New York city off-hour delivery project: Lessons for city logistics. Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 125, 26-48.

Holguín-Veras, J.; Amaya-Leal, J., Wojtowicz, J., Jaller, M., González-Calderón, C., Sánchez-Díaz, I., Wang, X., Haake, D. G., Rhodes, S. S. & Hodge, S. D. (2015). *Improving freight system performance in metropolitan areas: a planning guide (No. 38, NCFRP Report). Washington: Transportation Research Board.*

JUNIOR, O. F. L. (2005) A carga na cidade: hoje e amanhã. Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transporte. Faculdade de Engenharia Civil UNICAMP.

LEAL *et al.*, 2021. ANÁLISE DAS FALHAS DE OPERAÇÃO EM UMA TRANSPORTADORA LOGÍSTICA NA CIDADE DE SÃO PAULO E SEUS REFLEXOS NA ENTREGA DE MERCADORIAS. XII FATEC LOG. Gestão da cadeia de suprimentos no agronegócio. Mogi das Cruzes (2021).

LIMA, A. C. B.; HOLANDA, D. C.; LOPES, R. de A.; DUTRA, N. G. da S. (2005) Considerações sobre a implantação de centros de distribuição de carga em centros urbanos: caso do centro de Fortaleza. Anais do XIX Congresso de Pesquisa e Ensino de Transportes, ANPET, Recife, Pernambuco, v. 2 p. 1701-1712.

MAGGI, E. (2001) *La Logística Mercè Urbana: Criticita'E Proposte di Soluzione. Articolo pubblicato su Alti XXII Conferenza Italiana di Scienze regionali (AISRe) "Scienze Regionali e strategie per la città e il território", Venezia, 10-12 ottobre 2001.*

MARINS, K. R. C., & SILVA, T. C. M., 2019. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE INTEGRAÇÃO ENTRE O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E O TRANSPORTE DE CARGA EM UM RECORTE URBANO DE SÃO PAULO. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET). Rio de Janeiro, 2019.

CONSTANTE, J. M. Metodologia para o cálculo dos custos logísticos associados ao fluxo de mercadorias. Tese de mestrado FGV-EAESP, 2011.

OGDEN, K.W. (1992) *Urban goods movements: a guide to policy and planning. 1st ed. Cambridge: Ashgate.*

OJEDA LARROSA, Natalia Maria. LogTechs in Brazil: how logistics start-ups are applying Industry 4.0 technologies: a multi-case study. Fundação Getulio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, 104f, 2021.

OLIVEIRA, L. K (2014) Diagnóstico das vagas de carga e descarga para a distribuição urbana de mercadorias: um estudo de caso em Belo Horizonte. *Journal of Transport Literature*, vol. 8, n. 1, pp. 178-209.

PATRICIO, Felipe Tabuas; BARCELLOS, Rafaela Pereira. Relatório técnico Utilização do sistema de informações geográficas no processo de otimização da roteirização do transporte escolar no estado do Espírito Santo, 2022.

PORTARIA Nº 137/18-SMT.GAB (2016) SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRANSPORTES - Departamento de Operação do Sistema Viário. Disponível em: <[http://www.cetsp.com.br/media/722444/p-137\\_18.pdf](http://www.cetsp.com.br/media/722444/p-137_18.pdf)>

PRATA, B. A.; ARRUDA, J. B. F. Avaliação do transporte de cargas na cidade de Fortaleza sob o enfoque da Logística Urbana: diagnóstico e proposição de intervenções. In: Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, 21., 2007, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: 2007.

QURESHI, A. G., TANIGUCHI, E., & YAMADA, T. (2013). *Evaluation of truck ban schemes using exact optimization for vehicle routing problem with time windows*. In *Proceedings of Transportation Research Board - 92nd Annual Meeting*. Washington: The National Academy Press.

ROCHA, C.O.M. O Transporte de cargas no Brasil e sua importância para a economia. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) Ijuí: UNIJUI, 2015.

RODRIGUE, J-P (2013) *Urban Goods Transport*. In: *UNHABITAT Planning and Design for Sustainable Urban Mobility: Global Report on Human Settlements 2013*, United Nations Human Settlements Programme, London: Earthscan.

RODRIGUE, J-P.; Dablanc, L.; Giuliano, G. (2017) *The freight landscape Convergence and divergence in urban freight distribution*. *Journal of Transport and Land Use*, v. 10, n. 1, p. 557-572. DOI: 10.5198/jtlu.2017.869

VISSER, J., NEMOTO, T., & Browne, M. (2014). *Home delivery and the impacts on urban freight transport: a review*. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 125, 15-27.

WOLPERT, S., & REUTER, C. (2012). *Status quo of city logistics in scientific literature: A systematic literature review*. *Transportation Research Board*, p. 110-116.

ZAPATA, Y. A. G., (2020) *Logística urbana como estrategia de competitividad para comerciantes de ASOCOMUCHOCO em Quibdó*. *Maestría en Administración Gestión de Organizaciones*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1499-1506. Contribuição para a popularização dos Sistemas de Informações Geográficas Daniel Pereira Guimarães! 1 Embrapa Milho e Sorgo Caixa Postal 151 - 35701-970 - Sete Lagoas - MG, Brasil

LEME, Maria Cristina da Silva. Planejamento em São Paulo: 1930 - 1969. São Paulo: USP - Tese de Mestrado, 1982.

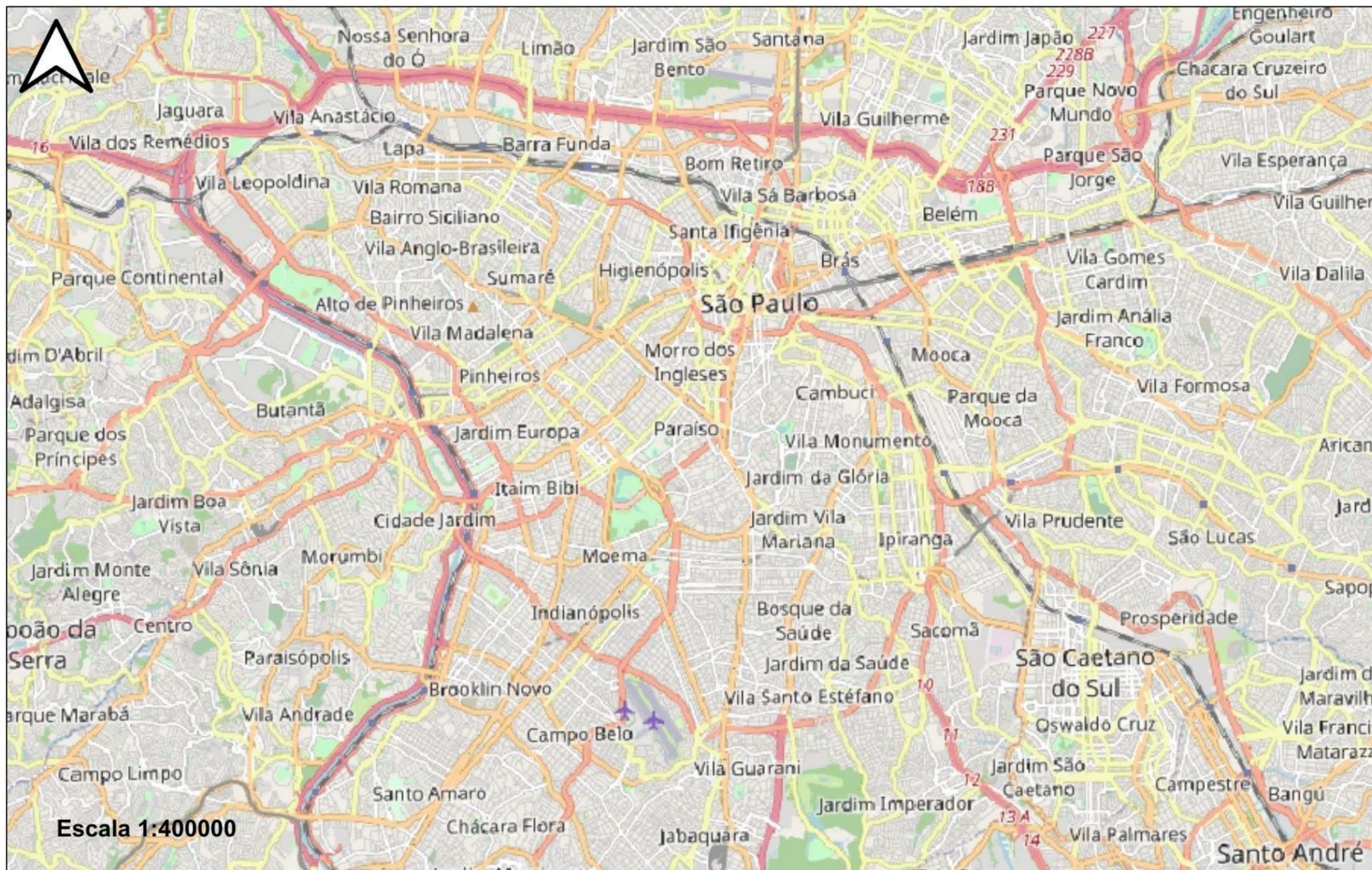
TOLEDO, Benedito Lima de (2005). Prestes Maia e as origens do Urbanismo moderno em São Paulo. São Paulo: Ed. ABCP

SANTOS, Isabel Morim (28 de maio de 2014). «Sistema viário estrutural de São Paulo e suas estratégias urbanísticas: planos, projetos e intervenções, 1930 a 2002».

### APÊNDICE 1 – CENÁRIOS ANALISADOS

#### Cenário 1

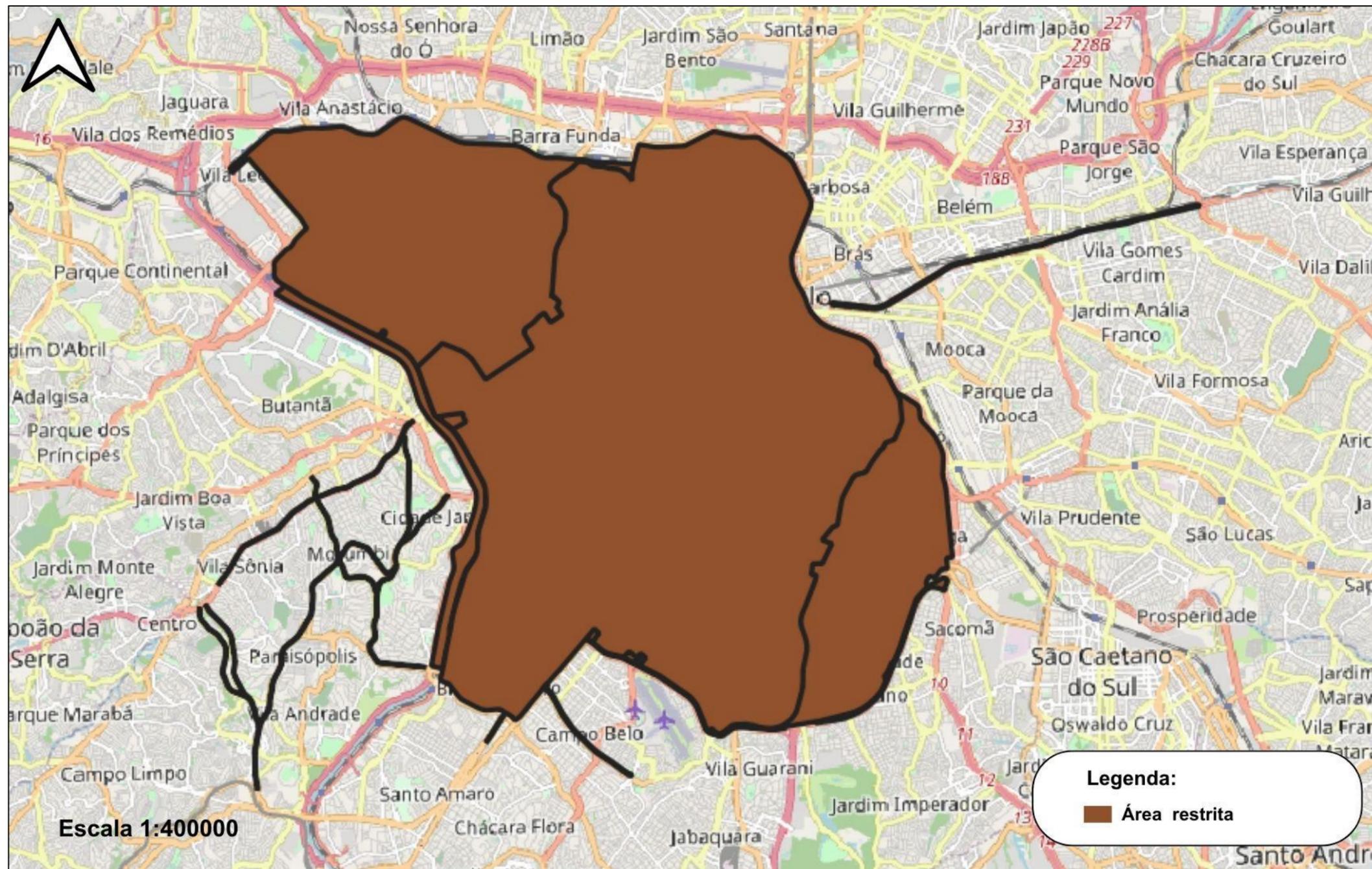
Figura 34 – Cenário 1: Sem restrição viária (22h-4h)



Fonte: Elaborado pela autora

Cenário 2

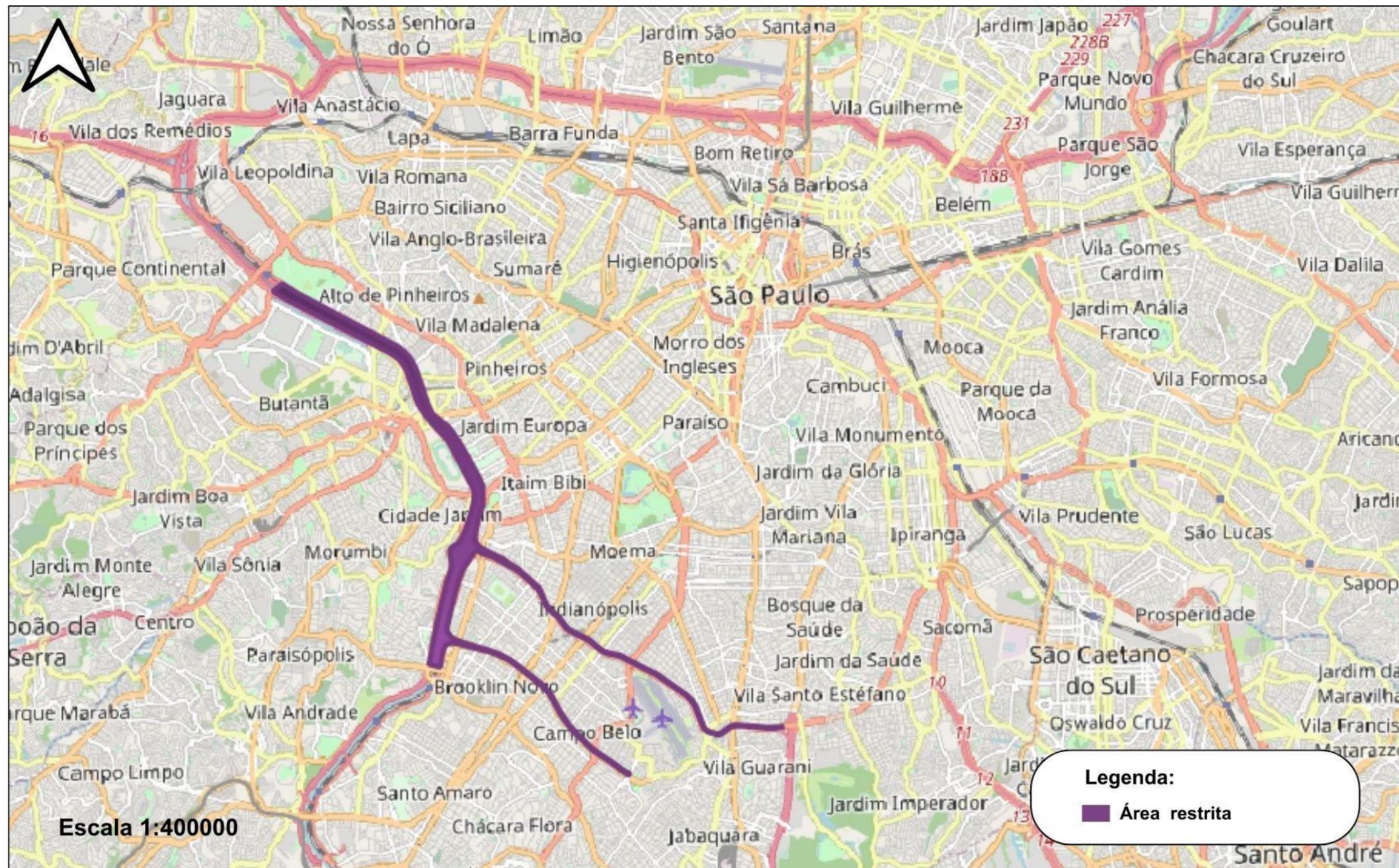
Figura 35 - Cenário 2: Zonas e vias com restrição (9h-17h)



Fonte: Elaborado pela autora

Cenário 3

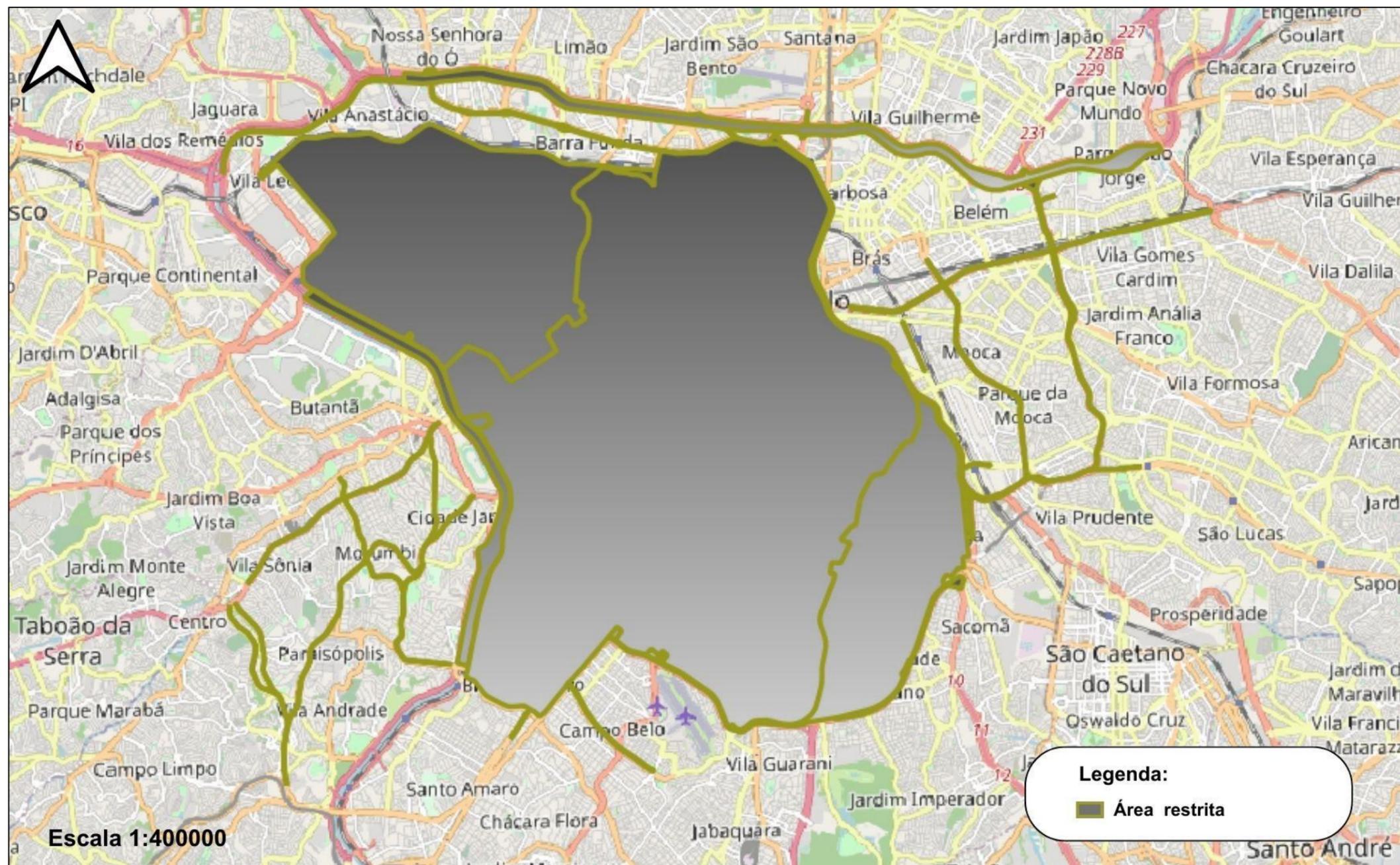
Figura 36 - Cenário 3: Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)



Fonte: Elaborado pela autora

Cenário 4

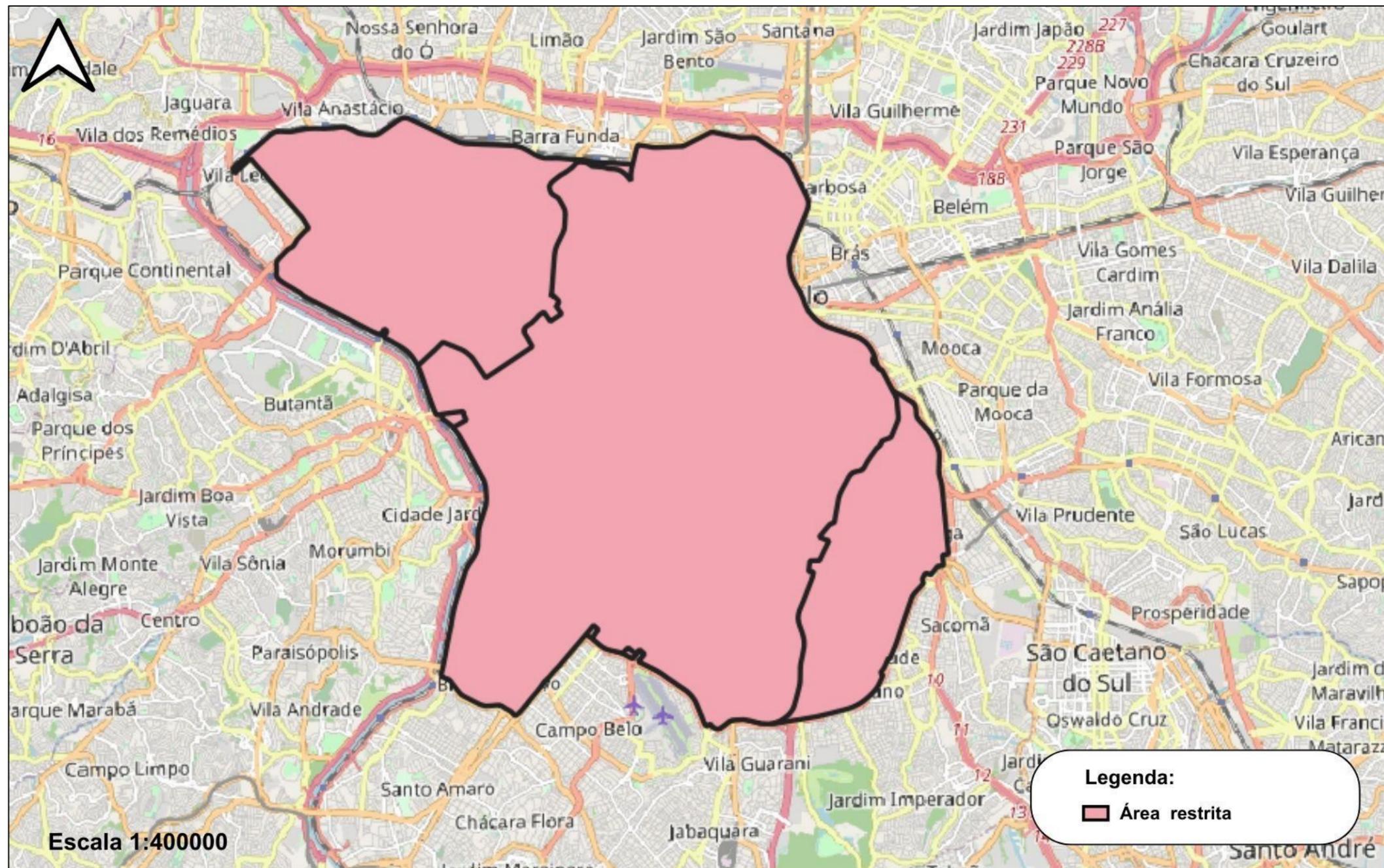
Figura 37 - Cenário 4: Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)



Fonte: Elaborado pela autora

Cenário 5

Figura 38 - Cenário 5: Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)



Fonte: Elaborado pela autora

## APÊNDICE 2 – DISTÂNCIAS E TEMPOS CALCULADOS PELO ORS TOOLS

Tabela 15 - Dados de distância e tempo calculados pelo ORS Tools

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Amedeu Massari	1	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	53,64	1,155	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	2	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	48,694	1,014	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	3	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	47,145	0,96	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	4	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	43,998	0,897	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	5	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	33	0,609	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	6	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	34,523	0,611	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	7	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	60,72	1,114	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	8	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	20,173	0,379	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	9	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	68,577	1,39	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	10	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	43,93	0,835	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	11	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	41,839	0,786	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	12	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	27,77	0,466	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	13	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	46,593	0,977	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Amedeu Massari	14	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	34,438	0,635	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	15	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	40,714	0,768	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	16	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	35,334	0,662	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	17	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	37,941	0,718	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	18	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	58,72	1,155	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	19	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	72,083	1,46	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	20	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	80,853	1,587	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	1	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	76,085	1,417	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	2	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	79,56	1,553	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	3	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	4	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	5	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	34,011	0,636	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	6	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	34,523	0,611	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	7	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	60,72	1,114	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	8	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	20,173	0,379	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Amedeu Massari	9	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	78,301	1,57	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	10	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	43,93	0,835	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	11	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	41,839	0,786	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	12	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	27,77	0,466	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	13	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	14	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	34,438	0,635	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	15	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	40,714	0,768	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	16	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	35,334	0,662	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	17	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	37,941	0,718	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	18	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	110,61	1,975	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	19	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	106,594	1,914	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	20	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	79,222	1,578	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	1	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	53,64	1,155	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	2	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	48,694	1,014	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	3	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	47,145	0,96	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Amedeu Massari	4	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	43,998	0,897	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	5	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	33	0,609	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	6	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	34,523	0,611	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	7	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	60,72	1,114	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	8	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	20,173	0,379	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	9	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	78,301	1,57	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	10	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	43,93	0,835	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	11	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	41,839	0,786	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	12	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	27,77	0,466	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	13	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	46,593	0,977	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	14	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	34,438	0,635	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	15	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	40,714	0,768	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	16	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	35,334	0,662	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	17	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	37,941	0,718	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	18	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	110,61	1,975	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Amedeu Massari	19	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	106,594	1,914	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	20	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	79,222	1,578	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	1	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	76,085	1,417	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	2	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	79,56	1,553	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	3	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	4	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	5	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	34,011	0,636	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	6	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	36,929	0,746	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	7	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	71,61	1,425	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	8	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	20,173	0,379	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	9	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	78,301	1,57	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	10	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	ERRO	ERRO	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Amedeu Massari	11	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h-21h)	ERRO	ERRO	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	12	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h-21h)	27,77	0,466	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	13	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h-21h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	14	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h-21h)	37,543	0,786	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	15	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h-21h)	40,712	0,768	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	16	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h-21h)	35,334	0,662	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	17	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h-21h)	37,929	0,711	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	18	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h-21h)	110,61	1,975	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	19	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h-21h)	106,594	1,914	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	20	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h-21h)	79,222	1,578	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	1	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	68,108	1,396	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	2	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	66,837	1,364	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Amedeu Massari	3	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	4	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	5	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	33	0,609	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	6	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	34,523	0,611	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	7	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	60,72	1,114	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	8	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	20,173	0,379	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	9	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	68,577	1,39	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	10	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	43,93	0,835	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	11	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	41,839	0,786	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	12	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	27,77	0,466	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	13	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	14	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	34,438	0,635	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Amedeu Massari	15	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	40,714	0,768	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	16	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	35,334	0,662	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	17	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	37,941	0,718	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	18	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	58,72	1,155	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	19	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	72,083	1,46	Driving-HGV	Fastest
Estrada Amedeu Massari	20	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	80,853	1,587	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	1	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	20,908	0,466	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	2	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	25,009	0,485	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	3	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	31,474	0,665	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	4	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	30,703	0,681	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	5	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	30,971	0,698	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	6	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	38,148	0,838	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	7	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	50,785	0,986	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Marco Polo	8	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	55,388	1,148	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	9	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	29,84	0,617	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	10	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	45,376	0,961	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	11	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	42,236	0,923	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	12	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	34,955	0,794	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	13	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	23,437	0,461	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	14	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	38,611	0,86	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	15	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	41,108	0,905	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	16	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	30,39	0,729	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	17	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	27,022	0,611	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	18	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	35,217	0,765	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	19	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	39,451	0,856	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	20	1	Sem restrição viária (22h - 4h)	26,097	0,626	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	1	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	20,908	0,466	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	2	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	26,427	0,601	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Marco Polo	3	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	4	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	5	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	30,616	0,749	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	6	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	34,914	0,801	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	7	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	70,151	1,22	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	8	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	78,076	1,333	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	9	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	25,171	0,618	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	10	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	40,356	0,933	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	11	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	38,267	0,885	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	12	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	36,054	0,883	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	13	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	14	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	34,699	0,824	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	15	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	37,136	0,867	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	16	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	30,39	0,729	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	17	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	27,022	0,611	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Marco Polo	18	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	59,265	1,109	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	19	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	55,255	1,048	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	20	2	Zonas e vias com restrição (9h-17h)	26,097	0,626	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	1	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	20,908	0,466	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	2	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	26,427	0,601	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	3	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	32,169	0,733	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	4	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	30,703	0,681	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	5	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	30,971	0,698	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	6	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	35,666	0,807	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	7	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	70,120	1,219	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	8	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	48,085	1,031	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	9	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	25,166	0,617	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	10	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	42,311	0,946	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	11	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	36,240	0,814	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	12	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	34,955	0,794	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedor	Cenário	Descrição do cenário	Distância (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Marco Polo	13	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	23,437	0,461	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	14	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	31,743	0,719	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	15	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	38,829	0,883	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	16	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	30,39	0,729	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	17	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	27,022	0,611	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	18	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	59,265	1,109	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	19	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	55,255	1,048	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	20	3	Vias com restrição (4h-5h e 21h-22h)	26,097	0,626	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	1	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	20,908	0,466	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	2	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	26,427	0,601	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	3	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	4	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	N/A	N/A	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	5	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e 17h-21h)	33,841	0,824	Driving-HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	6	4	Zonas e vias com restrição	51,770	1,253	Driving-HGV	Fastest

CD	Fornecedo r	Cenári o	Descrição do cenário	Distânci a (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
			(17h-9h e17h- 21h)				
Estrada Marco Polo	7	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	70,146	1,22	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	8	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	78,068	1,332	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	9	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	25,166	0,617	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	10	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	ERRO	ERRO	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	11	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	ERRO	ERRO	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	12	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	36,057	0,883	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	13	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	N/A	N/A	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	14	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	ERRO	ERRO	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	15	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	90,353	1,711	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	16	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	30,39	0,729	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	17	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	27,022	0,611	Driving- HGV	Fastest

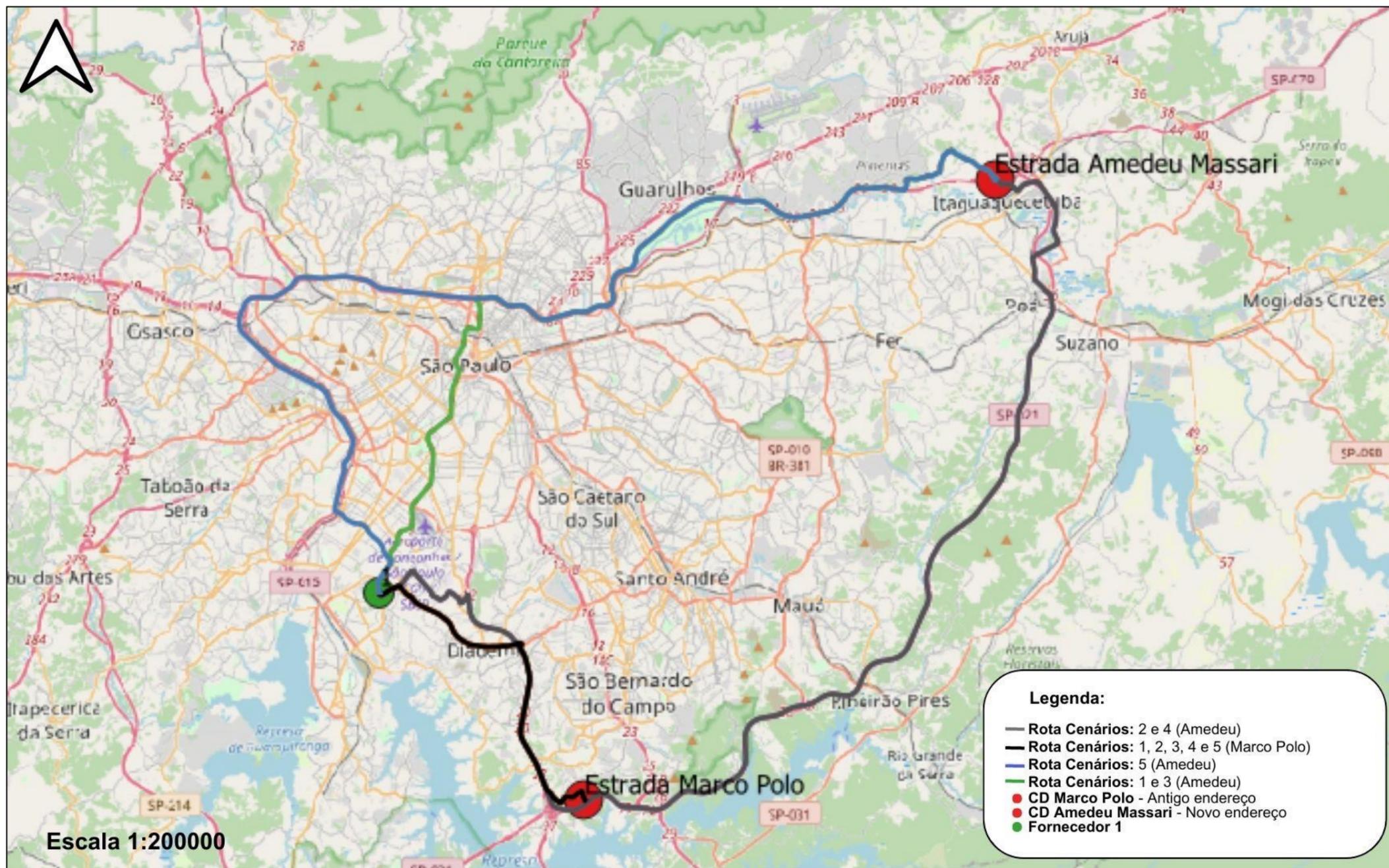
CD	Fornecedo r	Cenári o	Descrição do cenário	Distânci a (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Marco Polo	18	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	59,265	1,109	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	19	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	55,255	1,048	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	20	4	Zonas e vias com restrição (17h-9h e17h- 21h)	26,097	0,626	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	1	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	20,908	0,466	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	2	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	25,025	0,535	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	3	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	N/A	N/A	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	4	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	N/A	N/A	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	5	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	31,421	0,704	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	6	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	37,395	0,846	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	7	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	70,146	1,22	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	8	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	48,087	1,031	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	9	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	25,171	0,618	Driving- HGV	Fastest

CD	Fornecedo r	Cenári o	Descrição do cenário	Distânci a (KM)	Tempo (h)	Tipo veículo ORSS	Tipo rota ORSS
Estrada Marco Polo	10	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	40,356	0,933	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	11	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	38,267	0,885	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	12	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	35,398	0,8	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	13	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	N/A	N/A	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	14	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	37,31	0,869	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	15	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	37,136	0,867	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	16	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	30,38	0,729	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	17	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	27,014	0,611	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	18	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	59,265	1,109	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	19	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	55,255	1,048	Driving- HGV	Fastest
Estrada Marco Polo	20	5	Restrição apenas nas zonas restritas (5h - 21h)	26,097	0,626	Driving- HGV	Fastest

### APÊNDICE 3 – ROTAS OBTIDAS NO ORS TOOLS

Fornecedor 1

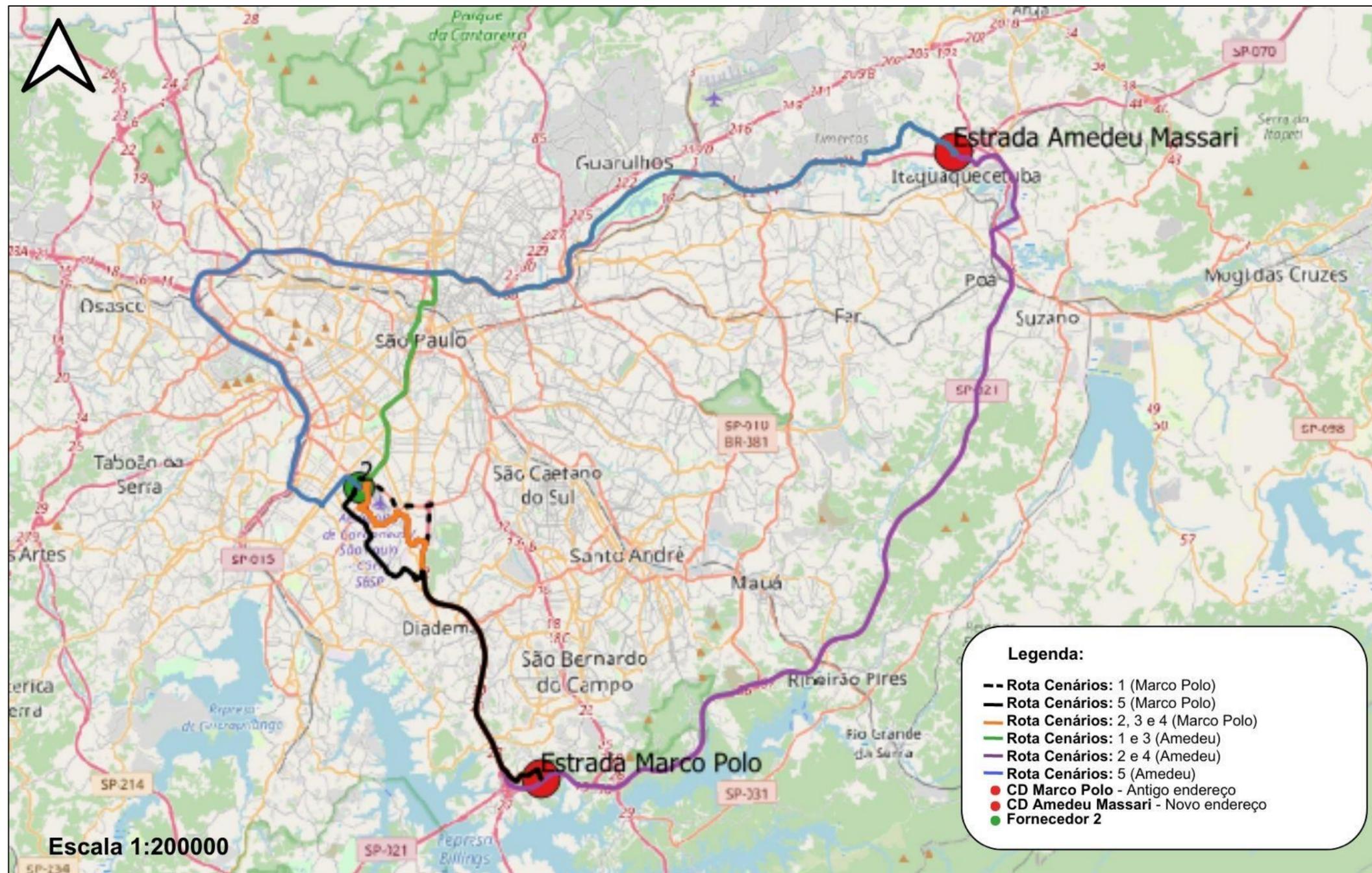
Figura 39 - Rotas obtidas para o Fornecedor 1



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 2

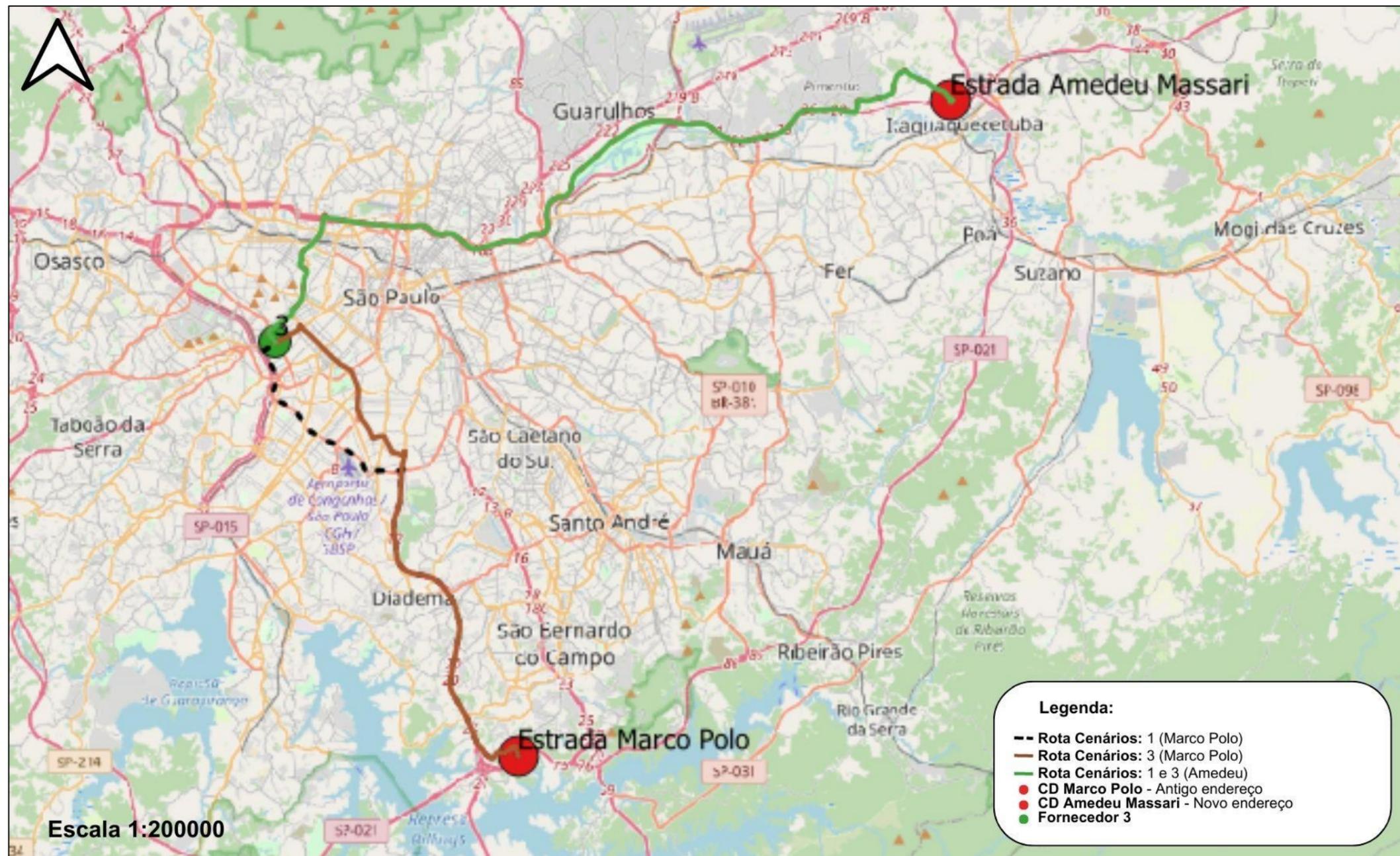
Figura 40 - Rotas obtidas para o Fornecedor 2



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 3

Figura 41 - Rotas obtidas para o Fornecedor 3



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 4

Figura 42 - Rotas obtidas para o Fornecedor 4



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 5

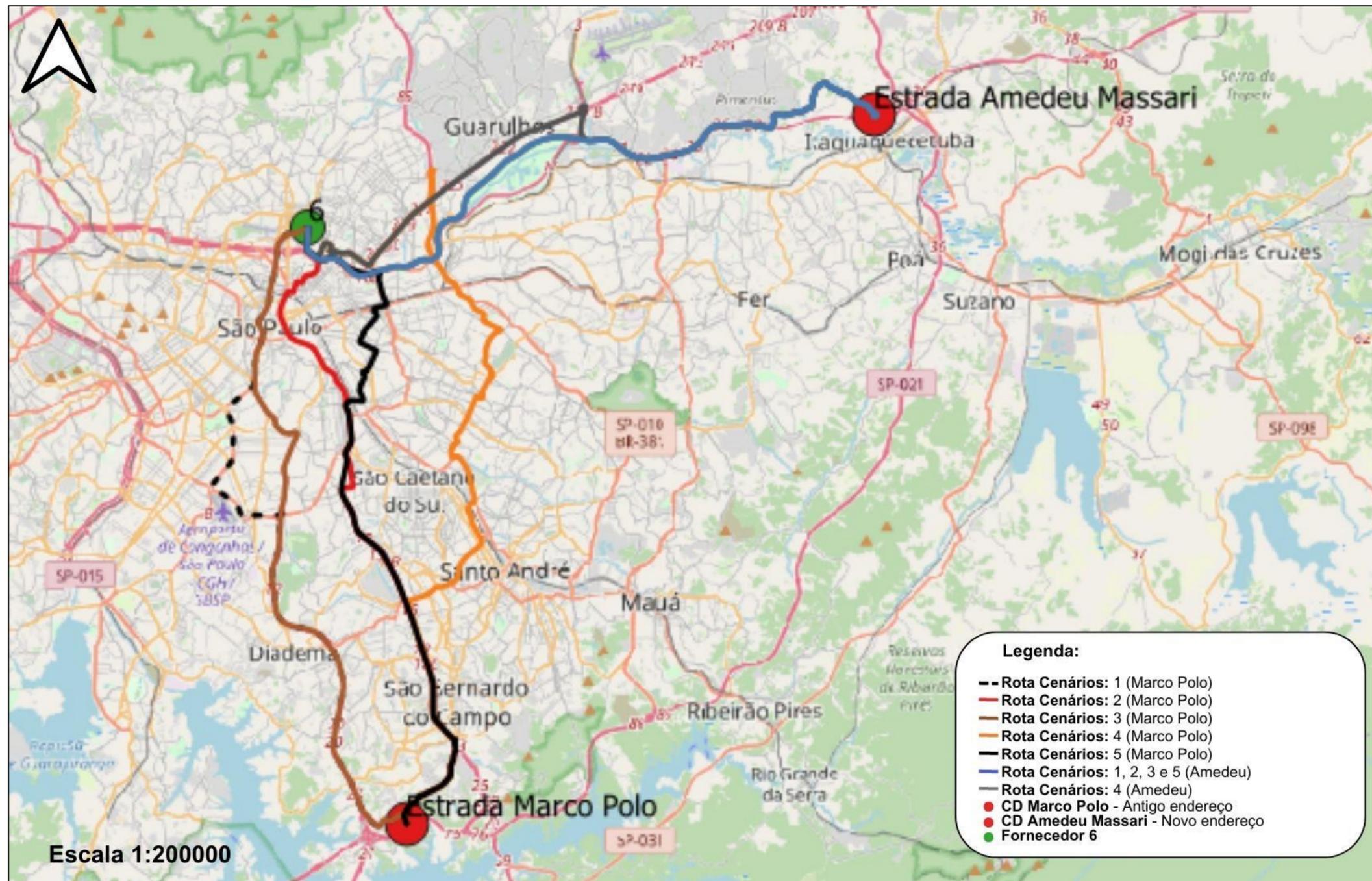
Figura 43 - Rotas obtidas para o Fornecedor 5



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 6

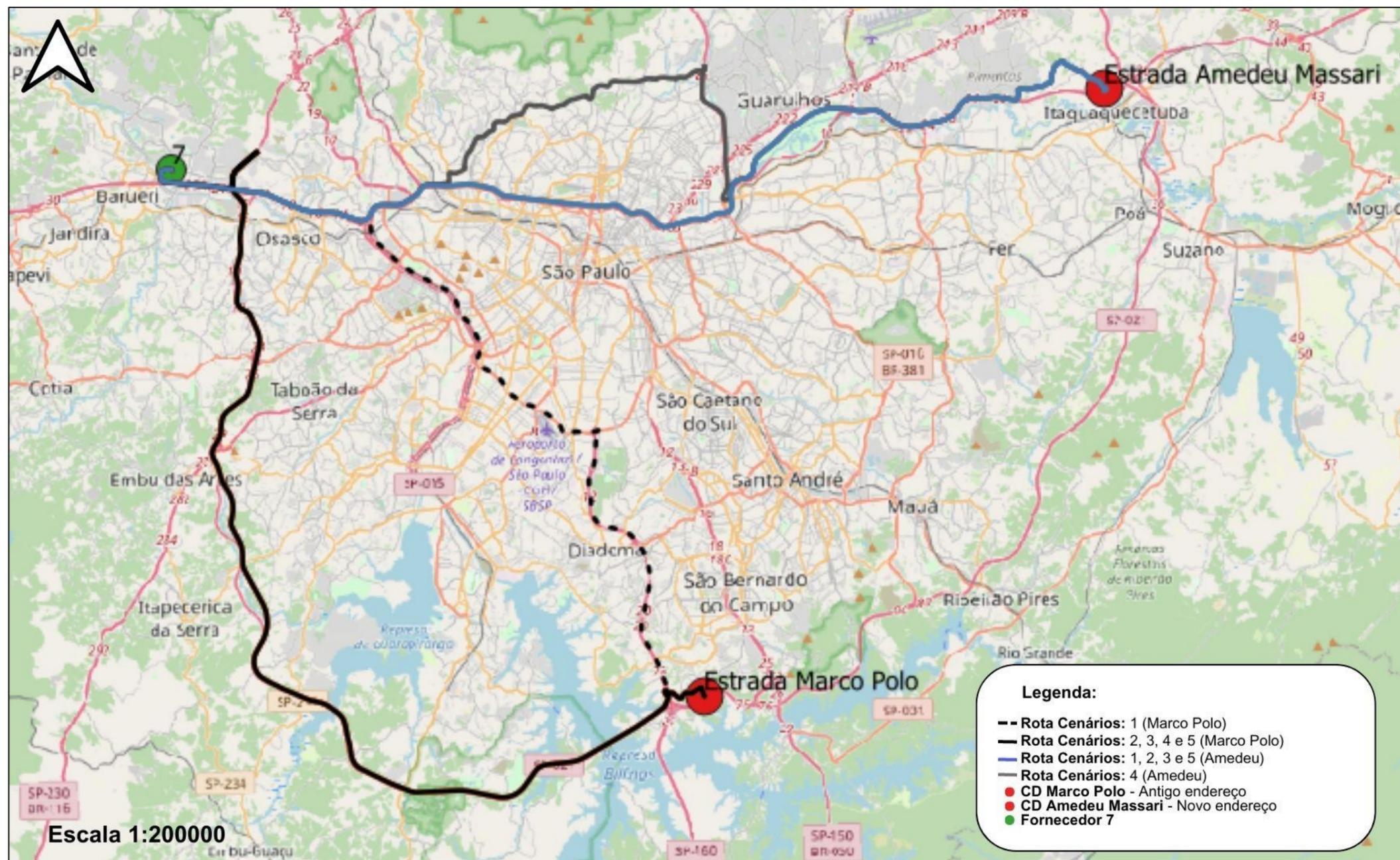
Figura 44 - Rotas obtidas para o Fornecedor 6



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 7

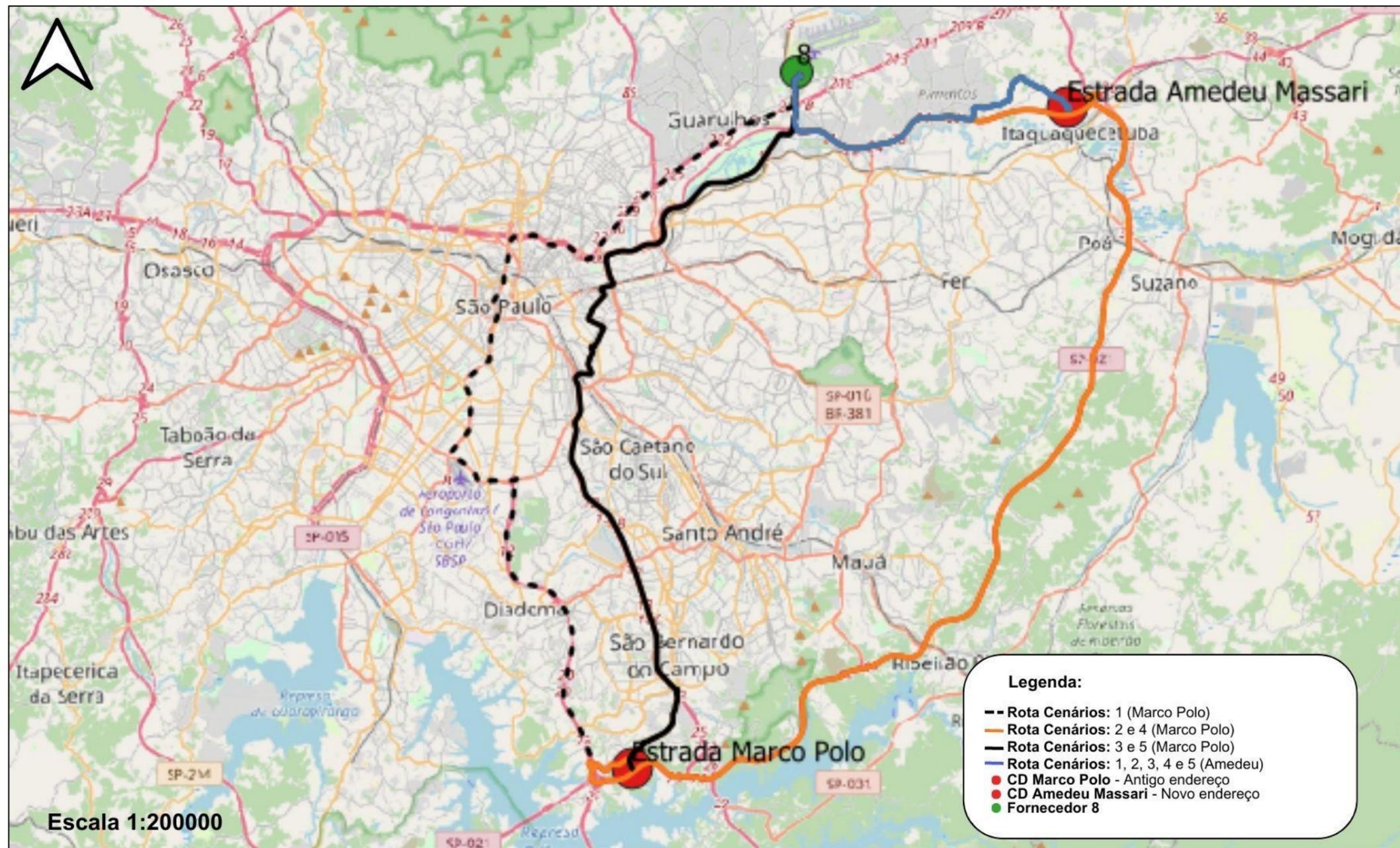
Figura 45 - Rotas obtidas para o Fornecedor 7



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 8

Figura 46 - Rotas obtidas para o Fornecedor 8



Fonte1: Elaborado pela autora

Fornecedor 9

Figura 47 - Rotas obtidas para o Fornecedor 9



Fonte: Elaborada pela autora

Fornecedor 10

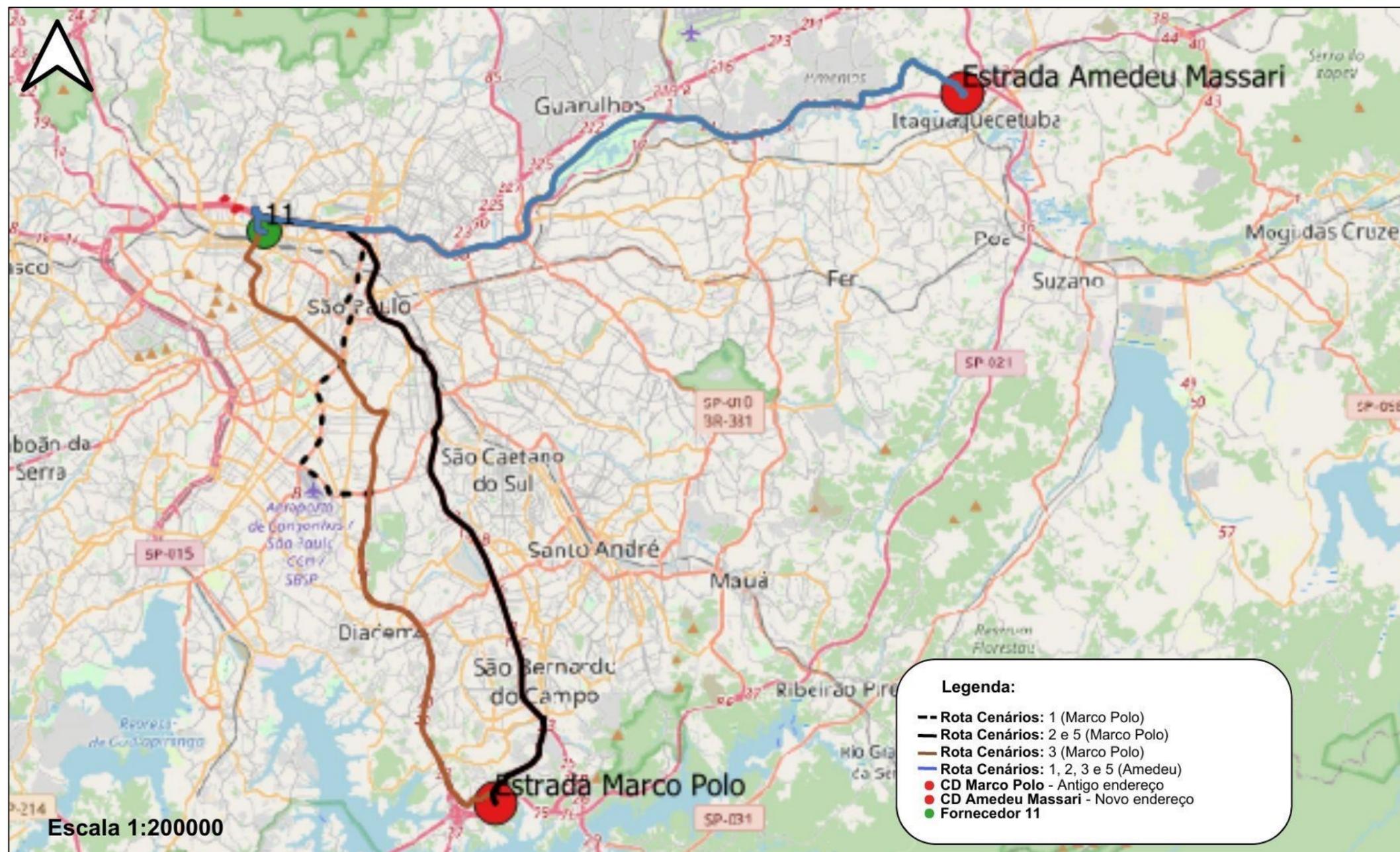
Figura 48 - Rotas obtidas para o Fornecedor 10



Fonte: Elaborada pela autora

Fornecedor 11

Figura 49 - Rotas obtidas para o Fornecedor 11



Fonte: Elaborada pela autora

Fornecedor 12

Figura 50 - Rotas obtidas para o Fornecedor 12



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 13

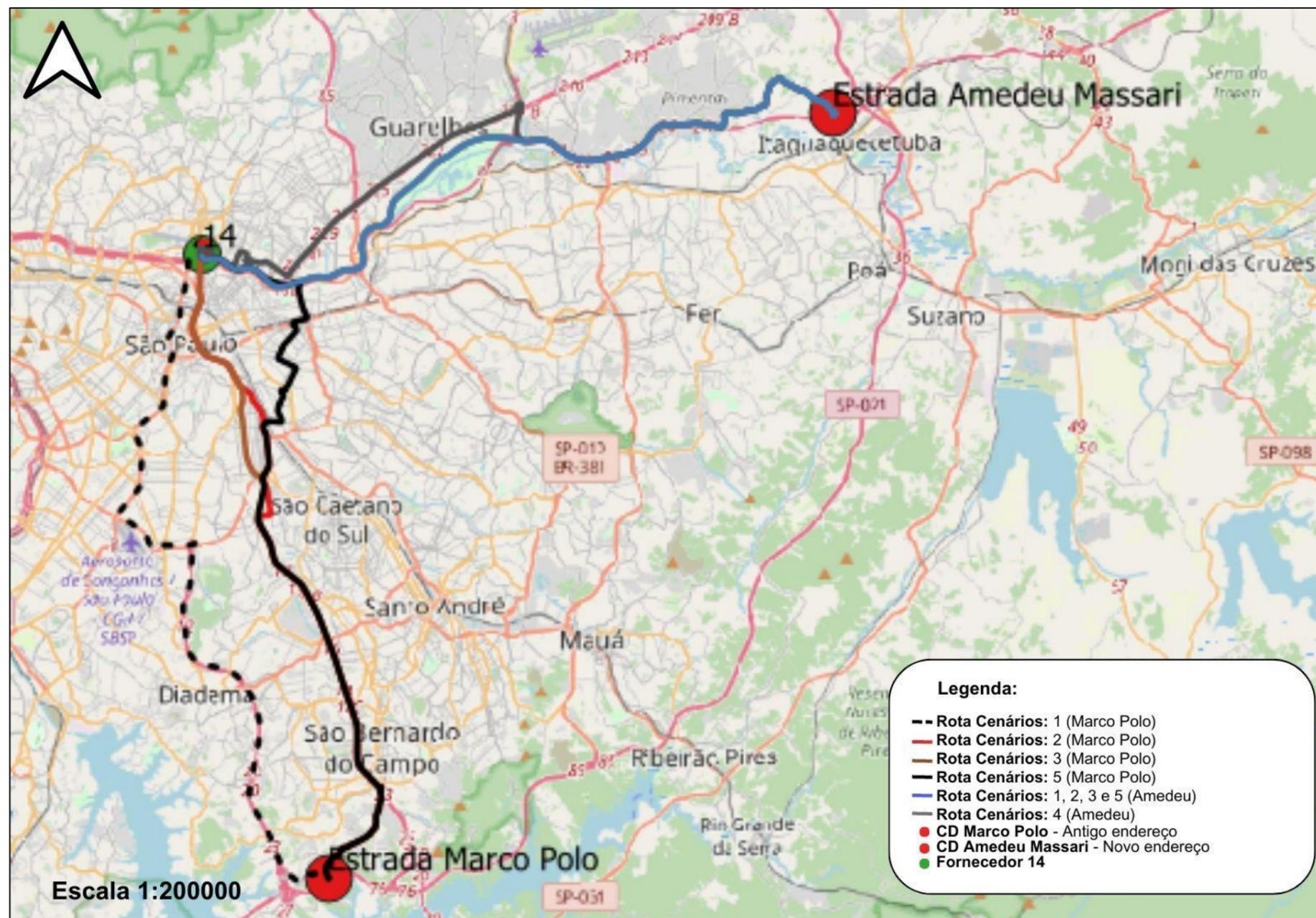
Figura 51 - Rotas obtidas para o Fornecedor 13



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 14

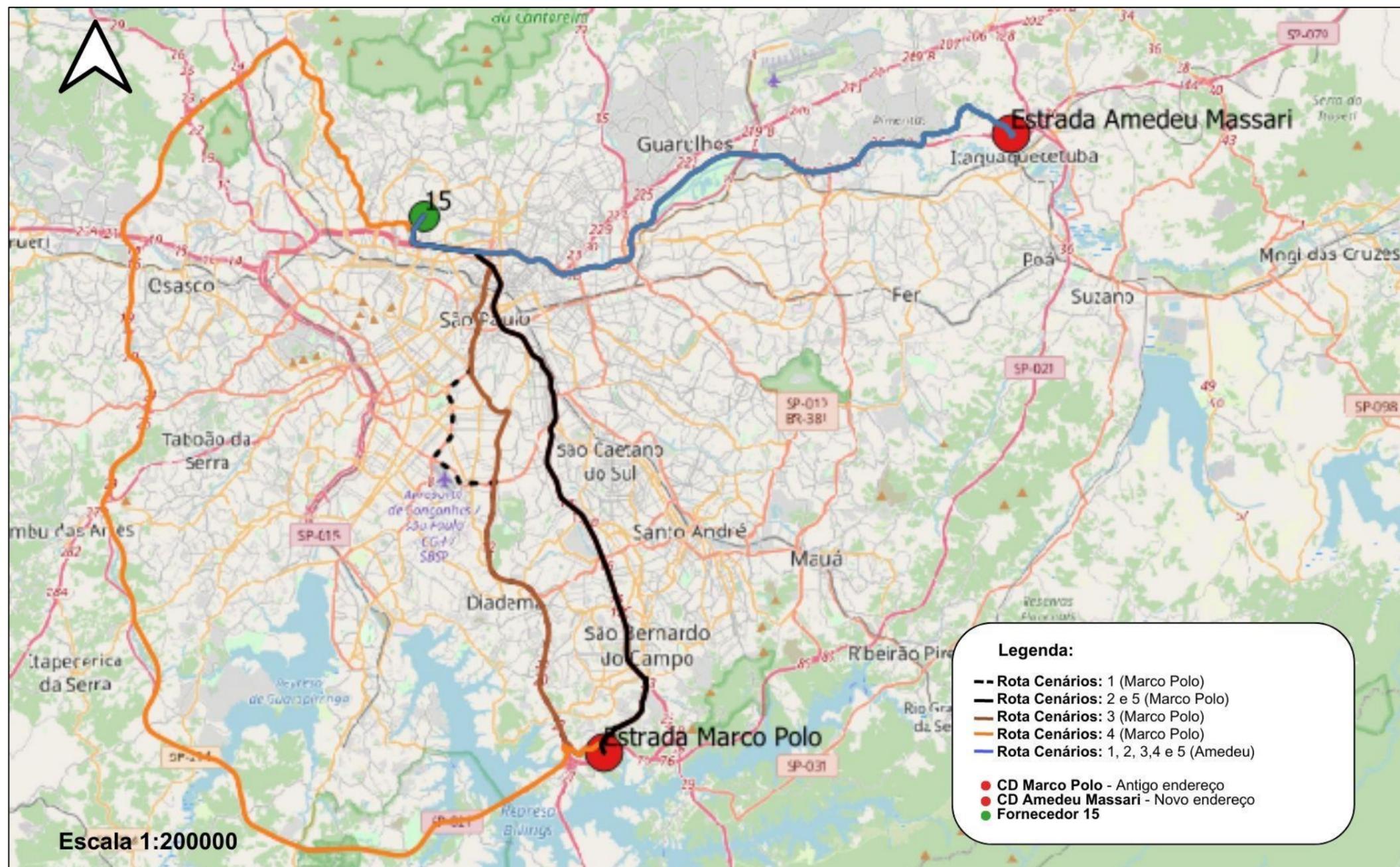
Figura 52 - Rotas obtidas para o Fornecedor 14



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 15

Figura 53 - Rotas obtidas para o Fornecedor 15



Fonte2: Elaborado pela autora

Fornecedor 16

Figura 54 - Rotas obtidas para o Fornecedor 16



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 17

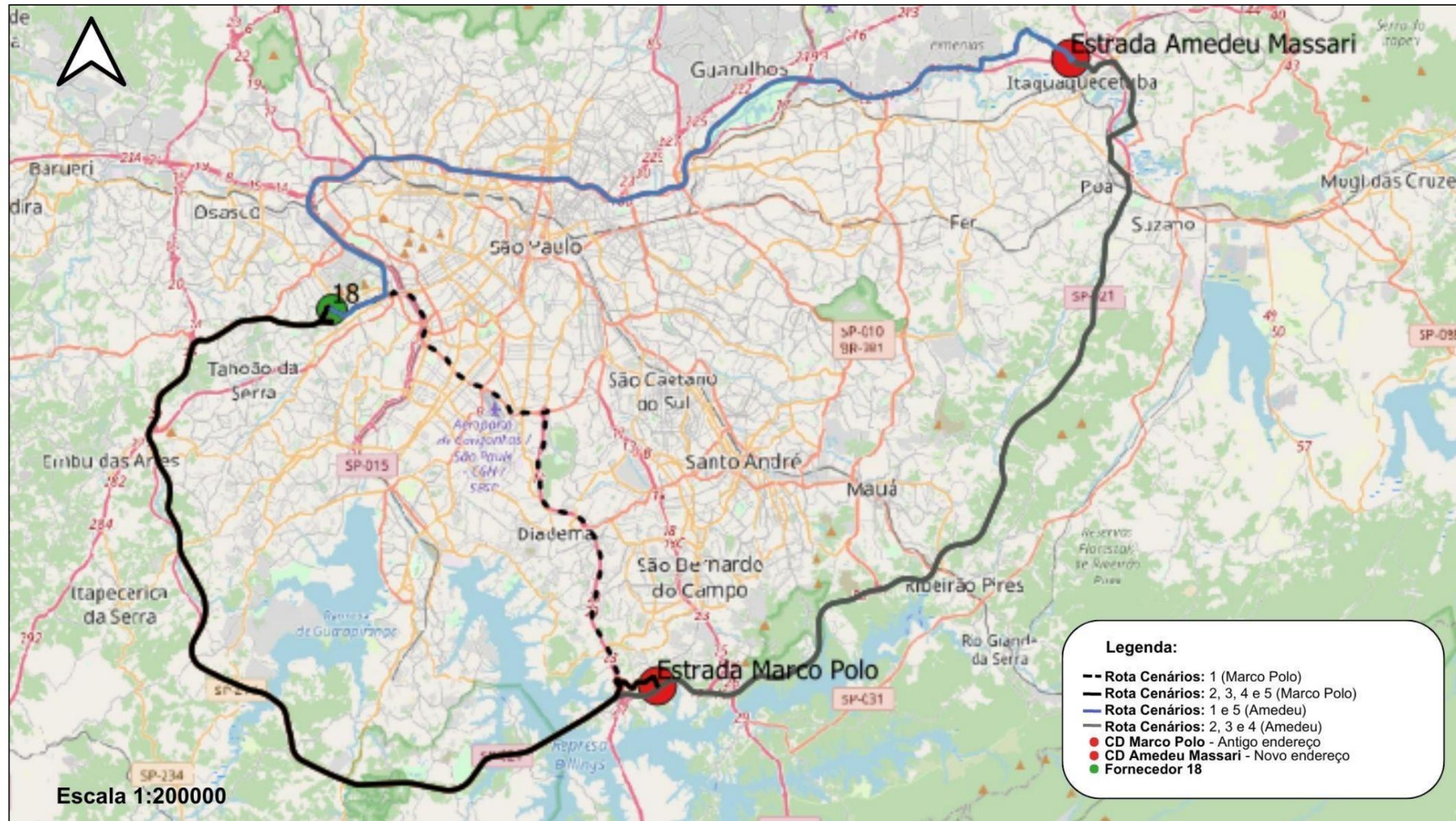
Figura 55 - Rotas obtidas para o Fornecedor 17



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 18

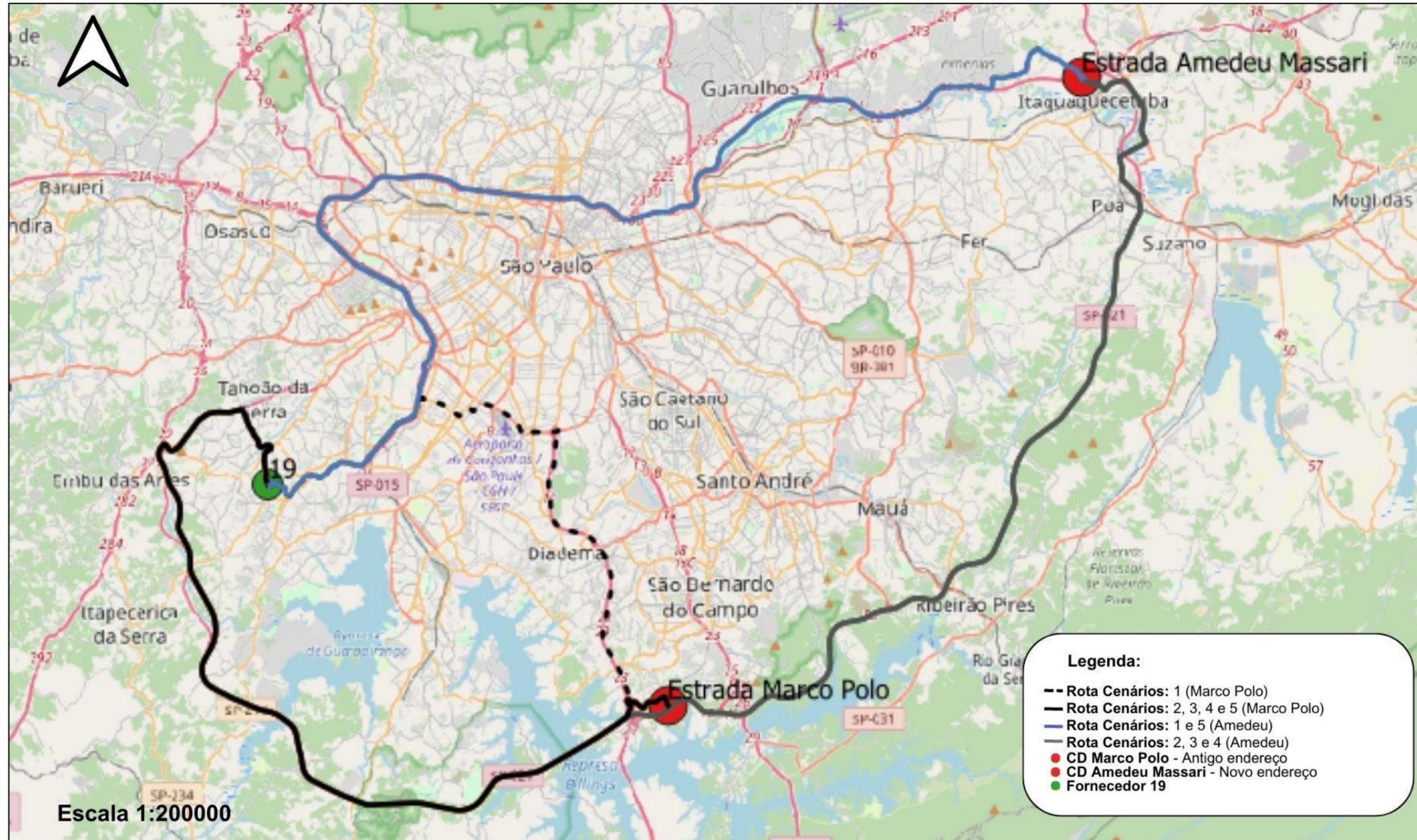
Figura 56 - Rotas obtidas para o Fornecedor 18



Fonte: Elaborado pela autora

Fornecedor 19

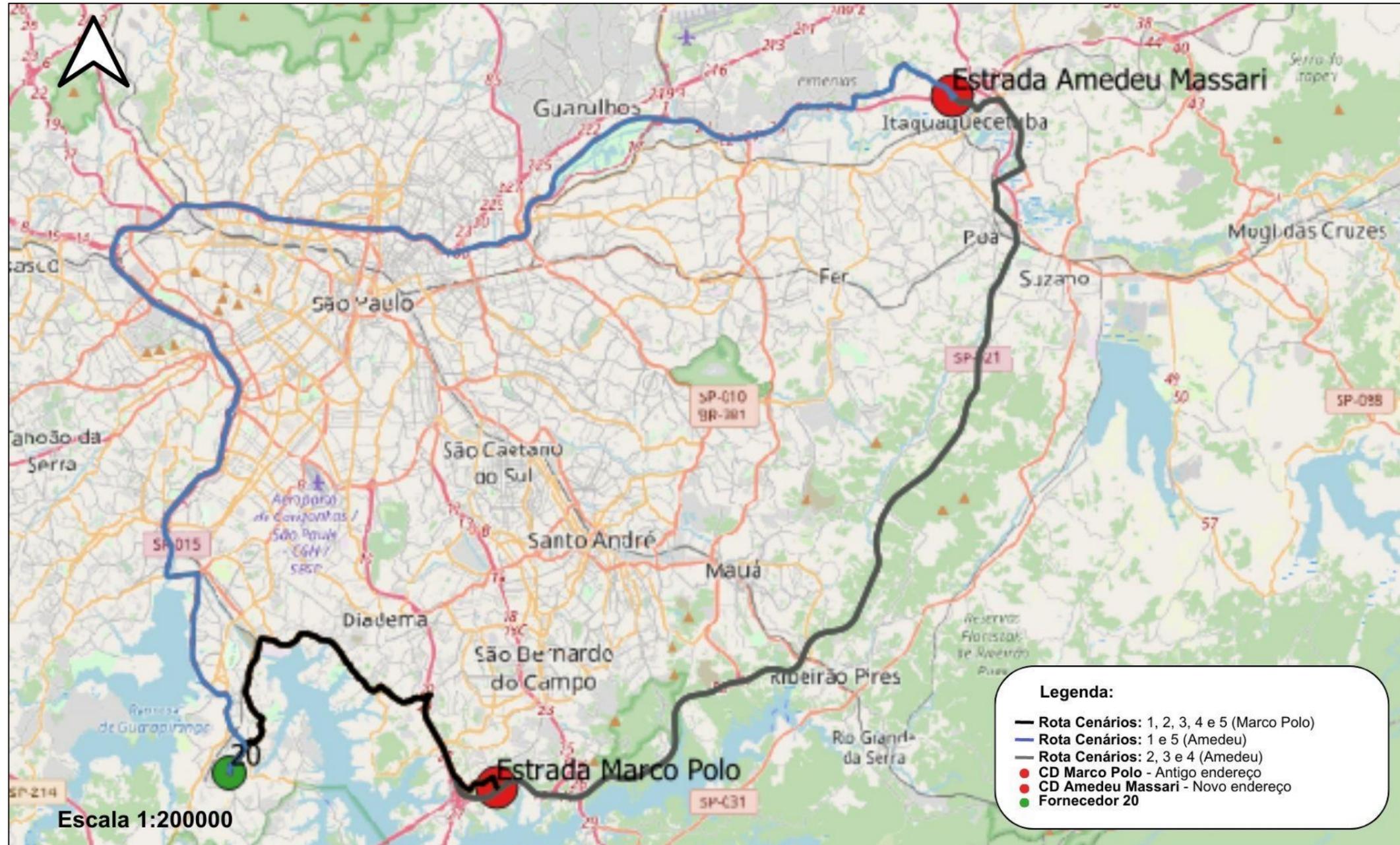
Figura 57 - Rotas obtidas para o Fornecedor 19



Fonte3: Elaborado pela autora

Fornecedor 20

Figura 58 - Rotas obtidas para o Fornecedor 20



Fonte: Elaborado pela autora



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

## CAPA DO CD



**Aluno:** Luísa de Cássia Batista Aquiar  
**Orientador:** Prof. Me. Diego Camargo  
**Semestre/ano:** 01/2023



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

TERMOS DE DIREITOS AUTORAIS E CESSÃO DA PROPRIEDADE INTELECTUAL  
Eu, Luísa de Cássia Batista Aguiar, portadora da Carteira de Identidade nº.17.770.922, CPF 119.153.006-06, residente à Rua Monte Branco, 405 – apto 101, Bairro Nova Suíssa, na cidade de Belo Horizonte, na categoria de aluna regular do Curso de Graduação em Engenharia de Transportes do CEFET-MG, manifesto conhecer que:

- a) A Propriedade Intelectual é definida como toda a criação e expressão da atividade inventiva e da criatividade humana, em seus aspectos científicos, tecnológicos, artísticos e literários;
- b) O Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais são os titulares da Propriedade Intelectual dos bens e produtos resultantes de trabalho desenvolvido, total ou parcialmente nestas Instituições;
- c) Os membros de sua comunidade: discentes, docentes e técnicos administrativos, sob qualquer regime de trabalho, diretamente responsáveis pela criação, realização e geração da propriedade intelectual, são considerados autores e inventores;
- d) É obrigatória a menção expressa do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais em todo trabalho realizado com o envolvimento parcial ou total de bens, serviços ou pessoal destas Instituições;
- e) O não cumprimento deste Termo de Direitos Autorais e Cessão de Propriedade Intelectual acarretará os efeitos de ordem penal, civil e administrativa contra seus transgressores.

Além disso, por intermédio do presente instrumento, expresse meu comprometimento e concordância em:

- a) Reconhecer que todos os documentos, dados e informações relativos ao trabalho de pesquisa a ser desenvolvido serão de propriedade do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais e, portanto, protegidos termos da legislação pertinente;
- b) Manter sigilo – escrito e verbal – de todos os dados, informações científicas e dos materiais obtidos e utilizados, aos quais porventura tenha acesso.

De acordo:

Belo Horizonte, 22/06/2023

---

Assinatura do aluno